

César Malutta

MÉTODO DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO SOBRE A ADEQUAÇÃO
DE ATERROS SANITÁRIOS UTILIZANDO A LÓGICA *FUZZY*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Santa Catarina como requisito
para obtenção do grau de doutor em
Engenharia de Produção

Orientador: Renato de Mello, Dr.

Florianópolis
2004

César Malutta

MÉTODO DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO SOBRE A ADEQUAÇÃO DE
ATERROS SANITÁRIOS UTILIZANDO A LÓGICA *FUZZY*

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia de
Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Santa Catarina

Florianópolis, dezembro de 2004.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Renato de Mello, Dr.
(Orientador)

Armando Borges de Castilhos Júnior, Dr.

Gregório Jean Varvakis Rados, PhD

Paulo Maurício Selig, Dr.

Dario Nolli, Dr.
Membro Externo

Wilson José Mafra, Dr.
Membro Externo

DEDICATÓRIA

A **Maria Anna Malutta**, minha mãe (em memória),
pessoa responsável pela realização de mais uma etapa de minha
vida

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa
Catarina

A Capes

A Udesc, em especial ao Professor **Musse**,
pela confiança de contribuir no afastamento para
capacitação.

A banca examinadora, em especial ao Professor
Selig pelo apoio e amizade depositados.

Aos amigos do grupo Valora: **Jasper, Rubens,**
Sandro, Luciano, André, Bené com destaque ao **Pio**
pelo incentivo, paciência e colaboração nos momentos
que juntos trabalhamos.

Aos meus filhos, **Sander e Selen** e com carinho a
minha esposa **Sarita**, pelo incentivo nos momentos
difíceis.

Ao Professor **Renato de Mello**, pela orientação e
profunda amizade que construímos durante a realização
desta tese.

RESUMO

Malutta, César. **Método de apoio à tomada de decisão sobre a adequação de aterros sanitários utilizando a Lógica Fuzzy**. 2004. 221 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis – SC, 2004.

Um dos maiores problemas enfrentados pela sociedade consiste na adequada disposição dos resíduos sólidos, agravando-se com o aumento da concentração de população em grandes centros e o aumento da produção de resíduos *per capita*. Boa parte das atividades humanas é geradora de resíduos, os quais em algum instante ou de alguma forma precisam ser devolvidos à natureza. A interferência sobre processos produtivos, hábitos de consumidores, recuperação, reciclagem ou reutilização do resíduo, tratamentos como compostagem ou incineração são alternativas; entretanto, sempre restará uma parcela de resíduo que necessitará de uma disposição final: o aterro sanitário. Este é peça indispensável no gerenciamento dos resíduos sólidos municipais, tornando-se um elo entre o resíduo sólido potencialmente impactante e a natureza que se procura proteger. Para que o desempenho de um aterro sanitário possa ser avaliado quanto à sua adequação, o presente trabalho tem por objetivo apresentar um modelo de avaliação do sistema de gestão, aplicando uma ferramenta de apoio denominada Lógica Fuzzy. Os procedimentos adotados envolvem a inclusão de variáveis de entrada, coletadas através de um *checklist* em aterros em operação. Os resultados obtidos permitiram concluir que a metodologia analisada é de fácil compreensão e aplicação aos decisores e, se observados os pontos fracos detectados, constituir-se-á uma significativa ferramenta no encaminhamento de soluções para a adequação de aterros sanitários.

Palavras-chave: resíduo sólido, disposição final, aterro sanitário, Lógica Fuzzy, adequação.

ABSTRACT

Malutta, César. **Support method to decision making considering the adequacy of sanitary landfills using Fuzzy Logic**. 2004. 221 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis – SC, 2004.

One of the biggest problems faced by the society is the adequate disposal of solid waste, aggravated by the increase of people concentration in big centers and for the increase of waste production per capita. A great part of human activities generates waste, which in some instant or through some way needs to be returned to the nature. The interference on productive processes, consumers habits, recovery, recycling or reuse of waste, treatments as compost or incineration are alternatives, though there will always remain a part of waste which will need a final disposal, the sanitary landfill. This is an indispensable element on municipal solid waste management, becoming a link between the potentially impacting solid waste and the nature. To evaluated the performance of a sanitary landfill considering its adequacy, the objective of this work is to present an evaluation model of the management system, using a tool called Fuzzy Logic. The adopted procedures involve the inclusion of entry variables, collected through a check list at landfills in operation. The results showed the analyzed methodology is comprehensible and applicable to deciders and, once observed the weak points, it will become an important tool to route solutions to make sanitary landfills adequate.

Word-key: solid waste, final disposal, sanitary landfill, Fuzzy Logic, adequacy.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	11
Lista de Quadros.....	12
Lista de Tabelas.....	13
Lista de Siglas.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 EXPOSIÇÃO DO ASSUNTO	17
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	24
1.2.1 Objetivo geral.....	24
1.2.2 Objetivos específicos.....	24
1.3 JUSTIFICATIVA PARA A ESCOLHA DO TEMA DE TESE.....	24
1.4 RELEVÂNCIA, ORIGINALIDADE E INEDITISMO.....	28
1.4.1 Relevância	28
1.4.2 Originalidade	29
1.4.3 Ineditismo	29
1.5 LIMITES DO TRABALHO	29
1.6 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	30
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	32
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	32
2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos.....	32
2.1.2 Disposição final dos resíduos sólidos.....	34
2.1.3 Formas de tratamento dos resíduos sólidos.....	40
2.2 DECISÃO DO FUTURO DA DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	42
2.3 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS.....	44
2.3.1 Origem da legislação ambiental.....	45
2.3.2 Princípios da política nacional do meio ambiente.....	46
2.3.3 Os resíduos sólidos urbanos no contexto do Direito Ambiental Brasileiro.....	46
2.3.4 Legislação e licenciamento ambiental.....	47
2.3.5 Legislação do Estado de Santa Catarina.....	49
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	50

2.4.1 Considerações sobre resíduos sólidos no estado de Santa Catarina.....	52
2.5 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL E GESTÃO DA ESTRATÉGIA	54
2.5.1 Sistema de Gestão Ambiental.....	54
2.5.2 Sistema de Gestão Ambiental (SGA) Segundo a NBR ISO 14001.....	55
2.5.3 Estabelecimento da política ambiental.....	58
2.5.4 Planejamento estratégico da organização.....	59
2.5.5 Auditoria ambiental	60
2.5.6 Aspectos e impactos ambientais.....	63
2.5.7 Objetivos e metas.....	65
2.5.8 Vantagens da avaliação de desempenho ambiental.....	66
2.5.9 Indicadores ambientais.....	68
2.5.9.1 Tipos de indicadores ambientais para ADA (Avaliação do Desempenho Ambiental).....	69
2.5.10 As normas da série ISO 14000.....	71
2.5.11 Considerações sobre o SGA.....	71
2.6 LÓGICA <i>FUZZY</i>	73
2.6.1 Origem da Lógica <i>Fuzzy</i>	73
2.6.2 Controladores <i>Fuzzy</i>	77
2.6.3 Características da Lógica <i>Fuzzy</i>	78
2.6.4 Vantagens e perspectivas.....	79
2.6.5 Variável lingüística.....	79
2.6.6 Regras <i>Fuzzy</i>	80
2.6.7 Métodos de <i>defuzzificação</i>	82
2.6.8 Utilização do software <i>FuzzyTech</i>	83
2.6.9 Considerações sobre a Lógica <i>Fuzzy</i>	84
2.7 CONSIDERAÇÕES.....	85
 3 METODOLOGIA	 86
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	87
3.2 COLETA DOS DADOS	89
3.3 MÉTODO PARA ANÁLISE DE DADOS	90
3.4 O DELINEAMENTO DA PESQUISA	91
3.5 A DESCRIÇÃO SUCINTA DAS ATIVIDADES	92
3.5.1 A formação do referencial bibliográfico	92

3.5.2 A percepção do problema, a formulação da hipótese e a definição do método proposto para a análise de aterros sanitários	93
3.5.3 A escolha do aterro sanitário.....	94
3.5.4 Coleta dos dados.....	94
3.5.5 Análise e interpretação dos dados	94
3.6 CONSIDERAÇÕES.....	95

4 AVALIAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS: CRITÉRIOS DE ADEQUABILIDADE.....	96
4.1 PROPOSTA DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ATERROS SANITÁRIOS.....	99
4.2 PERSPECTIVA AMBIENTAL.....	106
4.2.1 Variável de entrada “política ambiental”.....	108
4.2.2 Variável de entrada “paisagem”.....	109
4.2.3 Variável de entrada “ruído”.....	109
4.2.4 Variável de entrada “transporte”.....	109
4.2.5 Variável de entrada “biótico”.....	110
4.2.6 Variável de entrada “lençol freático”.....	111
4.2.7 Variável de entrada “monitoração das águas subterrâneas”.....	111
4.2.8 Variável de entrada “corpos d’água”.....	112
4.2.9 Variável de entrada “drenagem pluvial”.....	114
4.2.10 Variável de entrada “percolado”.....	114
4.2.11 Variável de entrada “tratamento de percolado”.....	115
4.2.12 Variável de entrada “biogás”.....	117
4.2.13 Variável de entrada “odores”.....	119
4.2.14 Variável de entrada “poeiras”.....	120
4.2.15 Variável de entrada “capacidade de suporte”.....	120
4.2.16 Variável de entrada “permeabilidade”.....	121
4.2.17 Variável de entrada “equipamento”.....	121
4.2.18 Variável de entrada “qualidade do recobrimento”.....	122
4.2.19 Variável de entrada “recobrimento”.....	122
4.2.20 Variável de entrada “viário”.....	124
4.2.21 Considerações sobre a perspectiva ambiental.....	124
4.3 PERSPECTIVA ECONÔMICA.....	125
4.3.1 Variável de entrada “custos”.....	128

4.3.2 Variável de entrada “receitas/taxas”	128
4.3.3 Considerações sobre a perspectiva econômica	129
4.4 PERSPECTIVA SOCIAL	129
4.4.1 Variável de entrada “educação ambiental”	132
4.4.2 Variável de entrada “emprego”	133
4.4.3 Variável de entrada “catadores”	134
4.4.4 Variável de entrada “produtos rurais”	135
4.4.5 Variável de entrada “vetores”	136
4.4.6 Variável de entrada “núcleos habitacionais”	137
4.4.7 Variável de entrada “saúde ocupacional”	137
4.4.8 Variável de entrada “cerca isolamento”	138
4.4.9 Variável de entrada “guarita”	138
4.4.10 Variável de entrada “vigilância”	139
4.4.11 Variável de entrada “trabalhadores”	139
4.4.12 Considerações sobre a perspectiva social	140
4.5 CONSIDERAÇÕES	140
 5 APLICAÇÃO DO MÉTODO EM UM ATERRO SANITÁRIO	 142
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ATERRO	146
5.2 COLETA DOS DADOS	150
5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	158
5.3.1 Discussão dos resultados segundo a perspectiva ambiental	158
5.3.2 Discussão dos resultados da perspectiva social	164
5.3.3 Discussão dos resultados da perspectiva econômica	166
5.3.4 Discussão dos resultados da adequabilidade do aterro	167
5.4 CONSIDERAÇÕES	170
 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	 171
6.1 CONCLUSÕES	171
6.2 RECOMENDAÇÕES	174
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 176
APÊNDICES	186
ANEXOS	204

Lista de Figuras

Figura 1 – Fluxo de resíduos sólidos.....	40
Figura 2 – Fluxograma de decisões sobre a disposição de resíduos do município.....	43
Figura 3 – Ciclo PDCA para o sistema de gestão ambiental ISO 14001.....	57
Figura 4 – Sistema de inferência <i>fuzzy</i>	78
Figura 5 – Exemplo de variável lingüística.....	80
Figura 6 – Fluxograma de atividades desenvolvidas.....	92
Figura 7 - As perspectivas do aterro sanitário.....	100
Figura 8 - Decisão de adequabilidade de aterros sanitários.....	100
Figura 9 - Função de pertinência para variável lixiviados para 0,00 adequado.....	103
Figura 10 - Função de pertinência para variável lixiviados para 1,00 adequado.....	103
Figura 11 - Dendrograma parcial superior da perspectiva ambiental.....	105
Figura 12 - Dendrograma parcial da perspectiva ambiental.....	107
Figura 13 - Perspectiva econômica.....	127
Figura 14 - Perspectiva social.....	131
Figura 15 – Município de Joinville.....	143
Figura 16 - Aterro sanitário.....	145
Figura 17 - Aterro sanitário.....	145
Figura 18 - Recobrimento dos resíduos.....	147
Figura 19 - Compactação do talude.....	148
Figura 20 - Plantio de grama.....	148
Figura 21 - Queima de gases.....	149

Lista de Quadros

Quadro 1 – Classificação dos resíduos sólidos quanto a sua periculosidade.....	33
Quadro 2 – Origem e responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos.....	34
Quadro 3 – Sistema de gerenciamento de RSU.....	41
Quadro 4 – Administração RSU descentralizada.....	48
Quadro 5 – Variáveis externas e internas na análise estratégica.....	59
Quadro 6 – Aspectos e impactos ambientais dos RSU.....	64
Quadro 7 – Exemplos de objetivos e metas para RSU.....	66
Quadro 8 – Tipos de indicadores ambientais.....	70
Quadro 9 – Normas e sua aplicação.....	71
Quadro 10 – Tipo e custos da destinação final.....	127
Quadro 11 – Perspectiva social em relação aos funcionários.....	130
Quadro 12 – Doenças causadas por animais que vivem no lixo.....	136

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Massa de resíduo sólido urbano coletada.....	21
Tabela 2 - Cenário dos RSU no Brasil.....	21
Tabela 3 - Pesquisa nacional de saneamento básico sobre RSU.....	35
Tabela 4 - Relação dos municípios catarinenses conforme destino do lixo.....	53
Tabela 5 - Relação dos municípios catarinenses em relação aos lixões.....	53
Tabela 6 - Estatística do dendrograma adequabilidade.....	101
Tabela 7 - Variável de entrada do dendrograma adequabilidade.....	101
Tabela 8 - Variável de saída do dendrograma adequabilidade.....	101
Tabela 9 - Estatística do dendrograma principal.....	102
Tabela 10 - Bloco de regras com os possíveis valores das variáveis.....	104
Tabela 11 - Estatística da perspectiva ambiental.....	107
Tabela 12 - Estatística da perspectiva econômica.....	128
Tabela 13 - Estatística da perspectiva social.....	131
Tabela 14 - Distribuição da área do aterro sanitário.....	146
Tabela 15 - Evolução dos resíduos sólidos.....	150
Tabela 16 - Aplicação do <i>check list</i> no aterro.....	151
Tabela 17 - Perspectiva ambiental.....	157
Tabela 18 - Perspectiva social.....	158
Tabela 19 - Perspectiva econômica.....	158
Tabela 20 - Adequabilidade final.....	158
Tabela 21 - Variável de saída Lixiviados.....	159
Tabela 22 - Variável de saída Subterrâneos.....	159
Tabela 23 - Variável de saída Superficial.....	160
Tabela 24 - Variável de saída Gases.....	160
Tabela 25 - Variável de saída Base.....	160
Tabela 26 - Variável de saída Movimentação.....	161
Tabela 27 - Variável de saída Recobrimento.....	161
Tabela 28 - Variável de saída Águas.....	161
Tabela 29 - Variável de saída Ar.....	162
Tabela 30 - Variável de saída Solo.....	162
Tabela 31 - Variável de saída Físico.....	163

Tabela 32 - Variável de saída Meio Ambiente.....	163
Tabela 33 - Variável de saída Operacional.....	163
Tabela 34 - Variável de saída Ambiental.....	164
Tabela 35 - Variável de saída Benefícios Sociais.....	164
Tabela 36 - Variável de saída Entorno.....	165
Tabela 37 - Variável de saída Localização.....	165
Tabela 38 - Variável de saída Sanitários.....	165
Tabela 39 - Variável de saída Segurança.....	166
Tabela 40 - Variável de saída Social.....	166
Tabela 41 - Variável de saída Econômico.....	167
Tabela 42 - Variável de saída Adequabilidade.....	167
Tabela 43: Perspectiva ambiental (simulação).....	169
Tabela 44: Adequabilidade final (simulação).....	169

Lista de siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ADA	Avaliação do Desempenho Ambiental
AENOR	Asociación Espanola de Normalización
AFNOR	Association Française de Normalisation
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANSI	American National Standard Institute
BSI	British Standards Institution
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DIN	Deutsches Institut für Normung
DS	Desenvolvimento Sustentável
EIA	Estudo de Impactos Ambientais
EMAS	Environmental Management and a Audit Scheme
EPA	Agência de Proteção Ambiental
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
FAB	Força Aérea Brasileira
FATMA	Fundação de Amparo e Tecnologia do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INFRAERO	Empresa de Infra Estrutura Aeroportuária
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IQC	Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem
IQR	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos
ISO	International Organization for Standardization
MBF	Membership Function
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NBR ISO 14001	Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e Diretrizes para Uso
NSF	Norges Standardiseringsforbund
PCA	Plano de Controle Ambiental
PDCA	Plan, Do, Check, Action

PID	Proporcional – Integral – Derivativo
PNSA	Planejamento Nacional de Saneamento Ambiental
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PROSAB	Programa de Pesquisa de Saneamento Básico
RCA	Relatório de Controle Ambiental
RIMA	Relatório de Impactos sobre o Meio Ambiente
RSM	Resíduos Sólidos Municipais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAGE	Strategic Advisory Group the Enviroment
SEDUMA	Secretaria do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente
SGA	Sistema de Gerenciamento Ambiental
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
WRF	Word Resource Foundation

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Exposição do Assunto

Desde o início de sua existência, o Homem tem gerado resíduos que são característicos dos diferentes costumes, das atividades de época e das várias fases de evolução social, intelectual e tecnológica. Durante séculos, a principal atividade econômica concentrava-se no campo, com a produção agrícola, e os principais resíduos gerados, provenientes essencialmente de restos de alimentos, eram facilmente assimiláveis ao meio ambiente.

O planeta onde vivemos é uma entidade física cujos componentes (ar, solo, água e biota) estão organizados em ecossistemas, oferecendo grande variedade de recursos naturais essenciais à manutenção da integridade dos sistemas que sustentam a vida e a capacidade produtiva do meio ambiente. Sendo finitos, os recursos naturais podem variar no tempo e no espaço, de acordo com as condições de gerenciamento impostas pelo homem.

Segundo Kataoka (2000), a Revolução Industrial trouxe mudanças drásticas nos costumes e atividades do Homem para os tempos atuais. A principal delas foi a mudança de suas atividades antes baseadas na produção agrícola e a vida do campo, para uma vida mais concentrada nos grandes centros urbanos e a dependência cada vez maior de produtos industrializados e descartáveis. Como consequência, o volume e a variedade de resíduos vêm aumentando todo dia.

O desenvolvimento das cidades ocorreu com o desbravamento das terras, de onde o homem retirava o necessário para sua sobrevivência, alimento e matéria-prima para a produção de bens de primeira necessidade. Com a Revolução Industrial, desenvolveram-se técnicas nas quais se utilizam os recursos naturais renováveis e não renováveis para a fabricação de produtos industrializados que, após serem utilizados, retornam novamente ao ambiente.

Com o aumento populacional e uma sociedade consumindo cada vez mais produtos industrializados (plásticos, vidros, metais, papéis, etc.), de difícil degradação, quando descartados no ambiente em quantidade superior à capacidade natural de reintegração, ocorre um impasse, visto que os resíduos são produzidos a taxas superiores à da absorção pelo meio ambiente.

O processo de industrialização pode ser visualizado de forma global, como cíclico, no qual se utilizam matéria-prima e energia (recursos naturais) para a fabricação de produtos que posteriormente serão descartados (resíduos sem valor).

A racionalização da produção tornou-se um imperativo, e o aumento de produtividade conheceu uma nova equação: produção versus quantidade de resíduos gerados e formas de neutralizá-los. O aproveitamento total de resíduos aparece como um desafio de longo prazo para toda a humanidade. Um desafio que implica mudança de padrões de consumo, melhoria dos processos produtivos, educação para o desenvolvimento sustentável e ação transformadora de cada um dos habitantes do planeta.

O desenvolvimento urbano, o avanço tecnológico, o padrão de consumo e produção aumentaram na quantidade de exploração de recursos naturais e, conseqüentemente, produziram aumento proporcional na quantidade e na diversificação da composição de resíduos sólidos gerados.

A humanidade gera diariamente milhões de toneladas de resíduos de todas as naturezas (sólidos, líquidos e gasosos), em decorrência dos avanços tecnológicos e das mais variadas atividades antrópicas desenvolvidas para sustentar a vida na Terra.

Essa tendência é observada com maior ênfase a partir da segunda metade do século XIX. Estes resíduos, durante séculos, foram tratados de maneira inadequada, dispostos diretamente no solo ou em cursos de água, sem nenhuma preocupação com o meio físico e com a qualidade ambiental, ou seja, com o meio ambiente.

E o crescimento populacional não pára, implicando cada vez mais o aumento do consumo de recursos naturais para a sobrevivência das pessoas. Seguindo o atual ritmo de vida, o desperdício de alimentos, água e matérias-primas para a fabricação de bens de consumo também aumentará.

Em função da industrialização e do crescimento econômico, nos últimos anos, o problema dos resíduos sólidos urbanos tem se intensificado, e se criou a concepção de que progredir é produzir bens materiais sem se preocupar com os fatores bióticos e abióticos.

O acelerado processo de urbanização, aliado ao consumo crescente de produtos menos duráveis e ou descartáveis, provocou sensível aumento no volume e na diversificação do resíduo sólido gerado.

A sociedade moderna refere-se à época atual como a “Era do Descartável”, agravado pelo fato de ser isto uma normalidade para muitas pessoas. A população, de um modo geral, e muitas vezes por interesse de alguns setores, desconhece os efeitos nocivos que podem advir à

saúde humana em função de agentes poluidores. O resíduo sólido então, passa a ser um indicador de abuso ao meio ambiente, com seu crescimento desenfreado e inconseqüente.

É ingenuidade acreditar que as leis que regem o equilíbrio da natureza são suficientes para resolver o problema dos resíduos sólidos. As sociedades que desejam melhorar sua eficiência devem voltar a atenção para a necessidade de redução do resíduo sólido e seu destino final.

A boa qualidade de vida de uma população está diretamente relacionada às condições de saneamento do meio e à prática de educação ambiental.

O atual modelo de crescimento econômico gerou enormes desequilíbrios; se, por um lado, nunca houve tanta riqueza e fartura no mundo, por outro lado, a miséria, a degradação ambiental e a poluição aumentam dia a dia. Diante desta constatação, surge a idéia do Desenvolvimento Sustentável, buscando conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e, ainda, com o fim da pobreza no mundo. Para alcançarmos o Desenvolvimento Sustentável, a proteção do ambiente tem que ser entendida como parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente.

Jacobi (1999) opina que, provavelmente, um dos aspectos mais complexos na atualidade refere-se a como estabelecer parâmetros para a participação da sociedade na busca de soluções racionais para a gestão dos resíduos sólidos. O ser humano, em geral, instintivamente livra-se do resíduo sólido jogando-o fora do seu alcance. Porém, como cita o autor, livra-se do resíduo sólido, mas não do ambiente em que vive, de forma que existe uma necessidade inadiável de minimizar a produção de resíduos.

As cidades acumulam riquezas, sendo os principais centros de educação, geração de empregos, idéias, culturas e oportunidades econômicas, mas também são grandes consumidoras de recursos. Estes recursos consumidos geram significativas quantidades de resíduos, que precisam ser dispostos de maneira segura e sustentável.

Nos países desenvolvidos, a conscientização do problema dos resíduos sólidos urbanos permite que os governantes façam grandes investimentos, aplicando somas vultosas na busca de soluções para estes problemas. Porém, países subdesenvolvidos não encontram a necessária conscientização de seus representantes, que lhes permita enfrentar o ônus econômico no combate aos problemas de saúde pública, principalmente no que diz respeito aos resíduos sólidos.

Utilizando a criatividade e resolvendo apenas parcialmente seus problemas, a maioria dos municípios brasileiros estão constantemente próximos a situações críticas, principalmente no que tange ao assunto “resíduo sólido-destino final”. Os responsáveis pela administração

pública sabem que as soluções para os problemas nesta área têm caráter paliativo e estão convictos de que apenas se ganhou algum tempo. Rapidamente, a situação se mostrará próxima de seu ponto mais dramático, havendo necessidade de se buscar novas áreas, cada vez mais distantes, maiores e em piores localidades.

O procedimento adotado, na maioria dos municípios brasileiros, em depositar resíduos em “lixões” não tem mostrado minimizar o problema do resíduo sólido. Conforme Mittelslaedt (1998), não basta dispor os resíduos sólidos em aterros sanitários, por apresentarem vida útil limitada, sendo preciso um manejo integrado com análise do ciclo vital, associando desenvolvimento com proteção ambiental através do tratamento dos resíduos e o retorno dos recicláveis às indústrias de origem.

Observa-se, também, que muitos municípios afirmam que possuem aterros sanitários; entretanto, a estocagem dos resíduos sólidos urbanos, na sua grande maioria, ainda é feita a céu aberto ou em lixões, o máximo realizado é o espalhamento, quando já vai acontecendo alguma compactação, e uma cobertura de terra em períodos variáveis. Aliado a este aspecto operacional, há o fato de que os locais escolhidos são, via de regra, inadequados sob o aspecto ambiental.

Segundo Castilhos Jr. (2003), o método mais atualizado para tratamento de resíduos sólidos urbanos, atualmente, por representar menor custo, é a técnica do aterro sanitário.

Quanto à educação ambiental, praticá-la é possível quando são conhecidas as características dos resíduos e acontecem reflexões sobre os valores do modo de vida, ao tipo de desenvolvimento a que se pretende chegar.

O meio ambiente é, talvez, “...o interesse que tem maior difusidade, pois pertence a todos e a ninguém em particular, sua proteção a todos aproveita e a sua postergação em conjunto prejudica; é verdadeira *res communi omnium*” (MILLARE, 1995).

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Ao dispor que o meio ambiente é bem de uso comum do povo, a Constituição Federal (art. 225) atribui ao Estado o dever de zelar por sua proteção e preservação.

A produção de resíduo sólido nas cidades brasileiras é um fenômeno inevitável que ocorre diariamente em quantidades e composições que variam com seu nível de desenvolvimento econômico, com sua população e seus diferentes estratos sociais. A Tabela 1 apresenta a evolução da produção dos resíduos sólidos.

Tabela 1: Massa de Resíduo Sólido Urbano Coletada

ANO	QUANTIDADE
1989	100.000 ton/dia
2000	126.000 ton/dia

Fonte: IBGE (2000)

Para que se mantenha o equilíbrio do sistema urbano, é imprescindível que seja efetuada a adequada coleta e destinação do resíduo sólido ali gerado. Segundo Tahin (1992), o impacto ambiental nos centros urbanos somente diminuirá quando as condições de vida humana melhorarem e houver utilização mais adequada dos recursos naturais, com menor índice de desperdício, reduzindo-se a entropia do sistema urbano.

Consoni (2001) destaca que, no Brasil, a falta de uma política ambiental efetiva permitiu, por várias décadas, que a disposição de resíduos sólidos de origem doméstica e também industrial fosse feita de forma descontrolada, em lixões, sem que houvesse por parte das autoridades competentes qualquer medida de controle ou fiscalização.

O acelerado processo de urbanização, aliado ao consumo crescente de produtos menos duráveis, e/ou descartáveis, provocou sensível aumento do volume e diversificação do resíduo sólido gerado, e sua concentração espacial. Desse modo, o encargo de gerenciar o resíduo sólido tornou-se uma tarefa que demanda ações diferenciadas e articuladas, que devem ser incluídas entre as prioridades de todas as municipalidades. A Tabela 2 mostra a produção per capita de resíduos sólidos urbanos, conforme número de habitantes das cidades brasileiras.

Tabela 2: Cenário dos RSU no Brasil

Habitantes	Gramas/habitante
Cidade com < de 200.000 hab	450 a 700 g/hab
Cidade com > de 200.000 hab	800 a 1.200 g/hab

Fonte: IBGE (2000)

Os sistemas de limpeza urbana são de competência municipal. Devem promover a coleta, o tratamento e a destinação ambiental e sanitária de forma correta e segura.

Desta maneira, o gerenciamento integrado do resíduo sólido municipal deve ser um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve (com base em critérios sanitários, ambientais e econômicos), para coletar, segregar, tratar e dispor o resíduo sólido de sua cidade (CEMPRE, 2000).

Gerenciar o resíduo sólido de forma integrada significa:

- limpar o município por meio de um sistema de coleta e transporte adequado, e tratar o resíduo sólido utilizando tecnologias compatíveis com a realidade local;
- ter consciência de que todas as ações e operações envolvidas no gerenciamento estão interligadas, umas influenciando as outras;
- garantir destino ambientalmente correto e seguro para o resíduo sólido;
- conceber modelo de gerenciamento apropriado para o município, levando em conta que a quantidade e a qualidade do resíduo sólido gerado em uma dada localidade decorrem do tamanho da população e das características socioeconômicas e culturais, do grau de urbanização e dos hábitos de consumo vigentes.

O conjunto de ações para o gerenciamento do resíduo sólido deve ir ao encontro das metas estabelecidas para atingir os objetivos maiores traçados pelo município. A experiência tem demonstrado que o caminho para mudanças nos sistemas de gerenciamento do resíduo sólido municipal se faz por meio da evolução e não da revolução. Pequenas melhoras, consistentemente mantidas por vários anos seguidos, são mais prováveis de conduzir ao sucesso que tentativas de obtê-lo em um único grande salto tecnológico (CEMPRE, 2000).

Embora seja cobrado dos domicílios e demais estabelecimentos urbanos uma taxa municipal de remoção de resíduo sólido, o montante arrecadado normalmente não cobre as reais despesas dos serviços de limpeza. Conforme Oliveira (2002), este quadro pode ser modificado com a implementação de políticas públicas voltadas para a minimização de resíduos, que incluam mecanismos e instrumentos capazes de “cobrar” de todos os geradores (produtores e consumidores) sua participação econômica no equacionamento da problemática dos resíduos urbanos.

Segundo Castilhos Jr. (2003), as estratégias de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos levam em conta a premissa de prevenção da poluição, priorizando:

- redução na fonte (mudanças no produto, novas práticas operacionais, mudanças de tecnologias e/ou de insumos no processo);
- reaproveitamento (englobando a reutilização, a reciclagem e a recuperação);
- tratamento e disposição final (assegurar características mais adequadas ao lançamento dos resíduos no meio ambiente).

Não se trata, portanto, de definir se a recuperação de recicláveis, compostagem, incineração ou aterro sanitário é a melhor técnica de gerenciamento a utilizar. Ao contrário, é necessário determinar em que proporção é mais apropriado conjugar estas técnicas e como é melhor articulá-las (RELIS e DOMINSKI, 1990).

Há que se fazer referência importante sobre a necessidade, ainda premente, de haver dados confiáveis a respeito da geração dos resíduos, em quantidade e caracterização, assim como tipos de coleta e destino final. Por outro lado, com uma frequência alarmante, há confusão conceitual, que permite erros de interpretação, com conseqüências em políticas ambientais dos municípios, a respeito de coleta seletiva, usinas de reciclagem, por desinformação ou tentativas de reconhecimento público de atividades que não condizem com a realidade.

A mídia, não raro, veicula informações equivocadas, seja pela ausência de pesquisa sobre o tema, seja por atitudes precipitadas, assim transformando lixões em aterros sanitários ou coleta seletiva, como a própria reciclagem no entender leigo da população, o que acarreta, com certeza, dificuldades na possível implementação de qualquer política pública a respeito do assunto, deixando os atores sociais confusos e suscetíveis de aceitar qualquer formulação como sendo adequada. Um fato efetivo que se pode afirmar da tendência geral das municipalidades (responsáveis diretas pela coleta e destinação), a respeito dos resíduos sólidos, é muito mais no sentido da preocupação com a coleta do que com a destinação final (EIGENHEER, 1999). A explicação para esse fato é encontrada no costume de se economizar recursos com a destinação, já que a fiscalização estadual que licencia os procedimentos de destino final dos municípios é, na maioria das vezes, inócua.

Então, surgem as seguintes considerações: se os resíduos sólidos urbanos são depositados em locais denominados de aterros, quais são os critérios a serem avaliados para saber da adequabilidade de um aterro sanitário? Se o crescimento dos RSU está cada vez mais acelerado, que modelos estão disponíveis para avaliação dos aterros existentes? Os objetivos estabelecidos pelas ferramentas de gestão ambiental conduzem ao resultado esperado?

1.2 Objetivos do Trabalho

Os objetivos do presente trabalho dividem-se em geral e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um método para auxílio à tomada de decisão sobre a adequação de aterros sanitários em operação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Contextualizar o gerenciamento integrado de resíduos sólidos municipais, bem como a caracterização do empreendimento aterro sanitário.
- Identificar os elementos de decisão do sistema.
- Selecionar os indicadores de verificação posicionando seus impactos e efeitos.
- Gerar um modelo robusto e sensível para aplicação em avaliação de aterros.
- Caracterizar a Lógica *Fuzzy* como ferramenta de apoio na tomada de decisões.
- Aplicar o modelo em aterro sanitário já existente e identificar as variáveis que possam interferir na sua adequação.
- Discutir os resultados encontrados.

1.3 Justificativa para a Escolha do Tema de Tese

O desenvolvimento urbano, associado ao avanço tecnológico e ao padrão de consumo e de produção em massa, acarretou considerável aumento na quantidade de exploração de recursos naturais e, na extremidade oposta, produziu aumento proporcional na quantidade e na diversificação da composição de resíduos sólidos gerados, que têm que ser dispostos, dentro e fora de seus limites, gerando problemas ambientais sob várias escalas em residências, bairros, cidades, região e país.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002), conforme pesquisa do Planejamento Nacional de Saneamento Ambiental (PNSA), divulgou que 126 mil toneladas de resíduos são geradas diariamente por 170 milhões de brasileiros, e 63,6% dos municípios

depositam o resíduo sólido a céu aberto (lixões), 18,4 %, em aterros controlados e somente 13,8%, em aterros sanitários (5% não declararam o destino).

Boa parte das atividades humanas são geradoras de resíduos, os quais em algum instante ou de alguma forma precisam ser retornados à natureza. Pode-se interferir sobre processos produtivos, hábitos de consumidores, recuperar, reciclar ou reutilizar o resíduo sólido, fazer tratamentos como a compostagem ou incineração; entretanto, sempre restará uma parcela de resíduo, que necessitará uma disposição final, cujo destino será um aterro sanitário.

Atualmente, vem crescendo a divulgação pelos meios de comunicação de acontecimentos que envolvem questões ecológicas. A resolução de forma sustentável sobre a disposição final dos resíduos sólidos de uma cidade é fundamental para a questão do meio ambiente, do saneamento e da saúde pública, mas não o suficiente. Os resíduos sólidos devem ser gerenciados de forma integrada, desde sua origem até a disposição final, com abordagens que incluem a minimização ou redução da quantidade gerada, a reciclagem e a reutilização ou o reaproveitamento de materiais. Entretanto, mesmo adotando-se todas estas iniciativas simultaneamente, permanece ainda a necessidade de se dispor adequadamente os resíduos finais, que não podem ou que não foram reciclados nem reutilizados. A disposição final pode causar diversos danos ao homem e ao meio ambiente, principalmente se ocorrer de maneira inadequada, a céu aberto, poluindo o solo, a água e o ar.

Os resíduos urbanos produzidos no Brasil permanecem, em parte, junto à população, em função da carência do setor de saneamento do País. Em muitas administrações, ainda impera o descaso com esta área e, principalmente, com a coleta, pelo fato de ela comprometer uma considerável parcela dos recursos orçamentários sem um resultado aparente. Segundo exposto por Calderoni (1998), algumas administrações municipais, após adotarem metodologias de coleta, tratamento e destino final dos resíduos urbanos, acompanhadas de processos educativos, observaram uma redução nos custos de conservação de limpeza de suas cidades.

A Constituição Federal concedeu ao município a competência para organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, sendo de sua competência a limpeza das vias e dos logradouros públicos, a remoção e o destino dos resíduos sólidos urbanos.

A elaboração do documento referente à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento intitulado Agenda 21 estabeleceu um prazo até 2025, para que todos os resíduos sólidos estejam depositados de acordo com as diretrizes nacionais e internacionais de qualidade ambiental.

A legislação ambiental, notadamente o Decreto Estadual nº 14.250/81, estabelece a obrigatoriedade de instalação de tratamento adequado para o resíduo sólido urbano, devidamente licenciado pelo órgão ambiental.

O Ministério Público Catarinense, através do Programa Lixo Nosso de Cada Dia, entendeu a necessidade urgente de interferir junto aos municípios sobre a destinação de resíduos sólidos através do Termo de Ajustamento de Conduta.

Apesar de todas estas iniciativas, a legislação brasileira ainda é bastante restrita e genérica referente a resíduos sólidos urbanos, não havendo legislação específica sobre o procedimento de licenciamento ambiental, associado à escassez de recursos financeiros e de recursos humanos adequadamente treinados.

Entretanto, o aterro sanitário é peça imprescindível no gerenciamento dos resíduos sólidos municipais, pois se constitui no elo entre o resíduo sólido potencialmente impactante e a natureza que se quer proteger.

Neste sentido, apresentam-se os aspectos técnicos, ambientais e socioeconômicos, desenvolvendo para isto um modelo de análise dos aterros sanitários dentro do que as normas ambientais exigem.

Os modelos atuais de análise estão mais voltados à avaliação e à seleção de áreas para implantação de aterros sanitários (MAHLER, 1998; NASCIMENTO, 2001; MELO, 2001; LUPATINI, 2002), e avaliam os aspectos mais relevantes na determinação do local mais apropriado para depósito dos resíduos sólidos urbanos, sendo insuficientes na questão de análise da operacionalidade dos já existentes, e muitas vezes a interpretação é de forma bastante subjetiva. Consoni (2001) propôs uma auditoria ambiental automotivada visando a uma indução do comprometimento contínuo com a atitude preventiva – de antecipação para evitar o impacto ambiental negativo, e com a internalização do controle ambiental no empreendimento, dos administradores municipais e responsáveis pelo aterro sanitário.

Por outro lado, os modelos de Matzenauer (1998), Andrade (2002) e Oliveira (2002) preocuparam-se com a coleta seletiva; o primeiro aplicou a metodologia multicritério como apoio decisório para aperfeiçoar o sistema de coleta seletiva; o segundo focou seu estudo na forma de minimizar o impacto no meio ambiente; e o último sugeriu a implantação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Todos os trabalhos destacaram a coleta seletiva, sem se preocupar com como gerenciar o que não é destinado àquela.

Nogueira (2000) desenvolveu um modelo de gestão ecológica para resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte, objetivando a melhoria contínua na produção e no acondicionamento, na coleta e no destino final.

Cetesb (2002) em seu Inventário Estadual, informa que todas as instalações de destinação de resíduos em operação no Estado de São Paulo foram inspecionadas pelos técnicos das Agências Ambientais, e as informações obtidas foram homogeneizadas com a aplicação de um formulário padronizado, composto por uma série de itens com informações sobre as principais características locais, estruturais e operacionais de cada instalação.

As informações reunidas e devidamente pontuadas permitiram apurar, através de fórmulas, o *IQR – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos* e o *IQC – Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem*.

Mais recentemente, tem-se em Castilhos Jr. (2003) um apanhado geral sobre resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte, referente a aterros sanitários que chamou de aterros sustentáveis. O autor, dentro da rede de pesquisa do Programa de Pesquisa de Saneamento Básico - PROSAB, procurou enfatizar o Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos, a implantação, a operação e o monitoramento de Aterros Sustentáveis, e aspectos técnicos e laboratoriais sobre resíduos.

Para que os aterros sejam analisados quanto à sua adequação, este modelo pretende enquadrar sua viabilidade sob três grandes perspectivas, a econômica, a social e a ambiental.

A perspectiva econômica está voltada para a competência de gerenciamento do aterro sanitário, se por iniciativa privada ou pública, apesar de o gestor ser de responsabilidade pública. Por sua vez, a perspectiva social está relacionada a como as pessoas vivem no entorno do aterro (catadores, produção rural e vetores), sua localização (educação ambiental e empregos) e sua localização (cerca de isolamento, guarita e vigilância).

A perspectiva ambiental do modelo foi concebida considerando quais os impactos ambientais vão afetar tanto o meio ambiente do aterro (água, solo, ar e biótico) quanto sua operacionalidade.

Considerando as perspectivas acima expostas, definidas através do Sistema de Gestão Ambiental, aplica-se a Lógica *Fuzzy* como auxílio à tomada de decisões, propondo-se fornecer aos decisores uma ferramenta que possa ajudar a verificar se a disposição final dos resíduos sólidos está dentro dos parâmetros legais, para considerar o aterro sanitário como um empreendimento adequado.

1.4 Relevância, Originalidade e Ineditismo

1.4.1 Relevância

Regimes democráticos de poder exigem cada vez mais uma participação da sociedade não somente na escolha de seus dirigentes, como também na discussão e na elaboração de políticas municipais, estaduais e nacionais. Em uma atividade que lida diretamente com o cidadão, como a limpeza urbana, essa participação não é somente importante, ela é fundamental.

As atividades referentes ao saneamento foram desenvolvidas e ampliadas, deixando muito a desejar em termo de cobertura de serviços. Para enfrentar tal desafio, foram criadas nos Estados companhias de saneamento para apoiar os municípios que fizessem a concessão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Entretanto, com relação ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em geral, os municípios não tiveram suporte técnico destas companhias estaduais ou de outros setores, tendo ficado cada um com a responsabilidade de encontrar uma solução para a coleta e a disposição dos resíduos, bem como pelos problemas ambientais gerados por sua gestão inadequada.

Assim, aplicado, o estudo proposto levará, num primeiro momento, ao comprometimento dos administradores municipais e responsáveis pelo aterro sanitário em encontrar caminho na sua região para solucionar os problemas do empreendimento.

Da mesma forma, em situação futura, espera-se que os administradores municipais e os gestores de aterros sanitários estejam em condições de implementar sistema de gerenciamento ambiental nestes empreendimentos, ocasião em que os aspectos aqui levantados deverão ser analisados, revisados, ampliados e complementados de modo a contemplar os vários parâmetros previstos na normalização.

Completando, entende-se que as ferramentas disponibilizadas no presente trabalho, se eficientemente utilizadas pelos gestores do aterro sanitário, podem servir de estágio inicial para, no futuro, preparar o empreendimento para um gerenciamento mais evoluído, mediante implementação do sistema de gerenciamento ambiental.

1.4.2 Originalidade

A originalidade do presente trabalho não se prende somente à discussão da operacionalidade de um aterro sanitário, mas também da forma de adequação desta operacionalidade em relação à perspectiva social, econômica/financeira e ambiental.

Trata-se de uma oportunidade de averiguar se os aspectos condicionantes referentes ao tratamento dado ao destino final dos resíduos sólidos urbanos foram adequadamente considerados, e se os procedimentos adotados na sua operação favorecem a proteção ambiental no empreendimento e entornos.

Os dirigentes municipais têm se convencido da necessidade de cuidar da qualidade ambiental de seus municípios e de que o adequado gerenciamento do resíduo sólido é peça-chave nessa tarefa.

Neste sentido, foi desenvolvido um dendrograma, buscando formas de contemplar todas as variáveis inerentes à operação de um aterro sanitário, fornecendo uma ferramenta de fácil manuseio e resposta imediata sobre a adequação do empreendimento.

1.4.3 Ineditismo

O ineditismo deste trabalho está na forma de levantar e analisar as variáveis mais significativas que vão influenciar a operacionalização de um aterro sanitário.

Busca-se construir um dendrograma, no qual se procura reunir as informações que possibilitem uma visão abrangente da gestão de resíduos sólidos, com ênfase na componente disposição final em aterros sanitários.

A aplicação da Lógica *Fuzzy* permitirá que os resultados obtidos desta análise sirvam como orientação para os dirigentes municipais, gestores de aterros sanitários, órgãos governamentais, sociedades, no auxílio da tomada de decisões sobre a operacionalização do aterro sanitário.

1.5 Limites do Trabalho

O presente trabalho de tese se limita a desenvolver critérios que possam servir como parâmetros para orientar e subsidiar a avaliação de adequação de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos em operação. A pesquisa não se refere a questões comumente

atinentes aos resíduos sólidos, em seus aspectos técnicos, como produção, processo de coleta, tratamento e critérios de seleção de áreas para disposição final dos resíduos.

A proposta deste estudo não objetiva um modelo finalizador, pronto e cristalino, mas um referencial que considera as possíveis variáveis que vão contribuir para a melhoria da condição econômica, social e ambiental referente ao tratamento dado aos resíduos sólidos urbanos.

1.6 Organização do Documento

O presente documento está dividido em seis capítulos, cujo conteúdo pode ser sintetizado conforme descrito a seguir.

O primeiro capítulo caracteriza a introdução do estudo, apresentando a exposição do assunto, os objetivos da pesquisa, sua justificativa, relevância, originalidade e ineditismo, bem como os limites da tese.

No segundo capítulo, é desenvolvida a fundamentação teórica, compreendendo primeiro a problemática dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil, suas origens, classificação, coleta, disposição final, as possíveis formas de tratamento e como a legislação ambiental pode auxiliar na tentativa de minimizar o impacto ambiental, e a situação do resíduo sólido no Estado de Santa Catarina. Na sequência, são apresentados os conceitos associados ao Sistema de Gestão Ambiental (SGA), as normas ISO relacionadas com o meio ambiente e a auditoria ambiental. Finalizando, são abordados os conceitos de *Lógica Fuzzy*, procurando-se descrever detalhadamente os procedimentos a serem adotados na resolução do problema, buscando aproximar as decisões tomadas pela máquina das decisões humanas.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia de desenvolvimento deste trabalho de tese, através da caracterização da pesquisa (tipo e natureza), do enfoque e do método de investigação, e das técnicas de coleta e tratamento dos dados.

No quarto capítulo, é desenvolvido o modelo em um aterro sanitário, contemplando todas as fases e etapas que estruturam o projeto, com a determinação das perspectivas e respectivas variáveis de entrada, blocos de regras e variáveis de saída.

Como aplicação do modelo em um aterro sanitário, no capítulo quinto, foi apresentado o aterro da cidade de Joinville – SC, detalhando todos os passos da implementação deste sistema.

O sexto capítulo resume as discussões sobre os resultados obtidos na pesquisa, as conclusões, assim como sugestões para trabalhos futuros, seguido das referências bibliográficas e no anexo, o instrumento de coleta de dados.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica está estruturada em quatro tópicos principais: a apresentação dos resíduos sólidos urbanos; os aspectos legais, normativos e a legislação ambiental; o Sistema de Gestão Ambiental com estabelecimento de políticas e auditorias ambientais; a introdução à Lógica *Fuzzy* e nos métodos de *defuzzyficação*.

2.1 Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos urbanos são gerados diariamente em todos os lugares onde se encontram seres humanos. E, após serem gerados, amontoam-se no ambiente natural, criando problemas de ordem econômica, estética, ambiental e de saúde pública.

Conforme Calderoni (1998), o termo lixo freqüentemente é sinônimo de resíduo, porém, lixo é todo material inútil, descartado em lugar público, tudo aquilo que se joga fora. Segundo o autor, lixo é um material “mal amado”, sendo produzido diariamente em duas situações, quando da produção de bens industrializados (resíduos industriais) e após a sua utilização, quando perdem a função para a qual foram produzidos e o valor econômico agregado, quando da sua produção.

Segundo a NBR 10004, de 1987, resíduos sólidos são: “Aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.” (ABNT, 1997)

2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos

São várias as formas possíveis de classificar os resíduos sólidos (CEMPRE, 2000):

- Por sua natureza física:
 - Molhado: umedecido com qualquer líquido;
 - Seco: oposto ao molhado.

- Por sua composição química:
 - Orgânicos: provêm de seres vivos, animais ou vegetais, facilmente deteriorados pela natureza através de agentes decompositores. São novamente incorporados à terra, servindo como nutrientes aos vegetais (restos de comida, frutas, plantas, serragem, etc.);
 - Inorgânicos: resultam dos processos de produção. Sua decomposição pela natureza é lenta, mas podem ser reciclados e reaproveitados pelo homem (vidros, plásticos, papéis, metais, etc.).

- Por sua periculosidade (características físicas, químicas e infectocontagiosas): perigosos, não-inertes e inertes (NBR 10004, 1987), conforme Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos resíduos sólidos quanto à sua periculosidade

Categoria	Característica
Classe I (Perigosos)	Apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
Classe II (Não-inertes)	Podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade; porém, não se enquadram como resíduo I ou III.
Classe III (Inertes)	Não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas.

Fonte: ABNT (1987)

- Quanto à zona de produção:
 - resíduo urbano: produzido no perímetro urbano;
 - resíduo rural: produzido na zona rural.

- Quanto à sua origem (de acordo com a procedência na origem de geração dos resíduos), conforme Quadro 2.

Quadro 2: Origem e responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos

ORIGEM	GERAÇÃO	RESPONSÁVEL
Domiciliar	Gerado nas residências (restos de alimentos, embalagens, limpeza de jardins...)	Prefeitura
Comercial	Em função do ramo de atividade desenvolvida (embalagens, resíduos orgânicos...)	Prefeitura
Público	Serviços de limpeza pública	Prefeitura
Serviços de saúde	São resíduos sépticos (contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos)	Gerador
Portos, aeroportos e similares	Constituem resíduos sépticos ou que potencialmente podem conter germes patogênicos	Gerador
Industrial	Conforme a atividade da indústria	Gerador
Agrícola	Provenientes da atividade agrícola e pecuária (embalagens de fertilizantes, rações, restos de colheitas...)	Gerador
Entulho	Resíduos da construção civil...	Gerador

Fonte: Adaptado Cempre (2000)

O presente trabalho de tese terá como foco somente o resíduo sólido urbano (RSU), ou seja, aquele gerado no ambiente urbano e constituído pelos materiais de origem domiciliar, ou aqueles de origem similar, como os comerciais e os resíduos de limpeza pública, sendo de atribuição e responsabilidade exclusiva do poder municipal, desde a coleta até a destinação final.

2.1.2 Disposição final dos resíduos sólidos

Segundo o Grupo do Lixo (1999), a disposição final dos resíduos sólidos pode acontecer em:

- **lixões:** locais onde os resíduos são jogados a céu aberto, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, com problemas de proliferação de animais transmissores de doenças, produção de um líquido formado por detritos em decomposição – o chorume, poluindo o solo, e as águas subterrâneas e superficiais, e a geração de maus odores;
- **aterros controlados:** locais onde os resíduos são depositados sobre o solo, coberto com terra na proporção que vai sendo compactado pelos tratores. Esta forma de disposição produz poluição, porém localizada, pois a área de disposição é minimizada. Geralmente, não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem do sistema de tratamento do percolato;
- **Aterros sanitários:** locais onde, antes de se iniciar a disposição dos resíduos no solo, existe uma impermeabilização adequada, captação do gás produzido, drenagem do chorume, para posterior tratamento, compactação e cobertura dos resíduos com terra.

A Tabela 3 apresenta dados fornecidos sobre o destino final dos resíduos sólidos gerados diariamente por 170 milhões de brasileiros em 2002.

Tabela 3: Pesquisa Nacional de Saneamento Ambiental sobre RSU

Depósito diário	126.000 ton
Quantidade em Lixões	63,6 %
Quantidade em Aterros Controlados	18,4 %
Quantidade em Aterros Sanitários	13,8 %

Fonte: IBGE (2002)

A prática de utilizar o solo para enterrar resíduos ocorre desde o início da civilização, tendo sido por muito tempo a alternativa mais conhecida pelo homem para dar destino aos rejeitos oriundos de suas atividades, seja na sua própria casa, seja na chamada atividade produtiva (indústria, comércio, serviços, entre outras).

Aterrar o resíduo sólido não é privilégio da civilização moderna. Em 2500 a.C., os nababeus na Mesopotâmia enterravam seus resíduos domésticos e agrícolas em trincheiras escavadas no solo. Passado algum tempo, as trincheiras eram abertas, e a matéria orgânica, já decomposta, era removida e utilizada como fertilizante orgânico na produção de cereais (LIMA, 1995).

Em 150 d.C., em Roma, o povo que morava na zona urbana, assustado com a grande quantidade de roedores e insetos que apareciam em torno dos locais onde o resíduo sólido era disposto, resolveu abrir valas e aterrar todos os resíduos, a fim de eliminar os inconvenientes causados por eles. Este relato pode ser comprovado, pois registros históricos mostram que, durante este período, o povo romano foi vítima da peste bubônica (LIMA, 1995). Na Idade Média, quando a mesma peste vitimou 43 milhões de pessoas na Europa, o homem também teve que aterrar seus resíduos.

Desde então, os administradores públicos e os interessados em saúde pública passaram a defender a necessidade de desenvolver técnicas mais confiáveis no gerenciamento dos resíduos, entre as quais está incluída a técnica de disposição e confinamento dos resíduos no solo, denominada aterro sanitário.

No Brasil, os aterros de resíduos sólidos, como obras de engenharia, começaram na década de 70 e logo passaram a sofrer resistência no meio técnico e na própria sociedade devido aos riscos ambientais que podiam apresentar, não obstante as técnicas de controle disponíveis e utilizadas. Atualmente, essa resistência é ainda maior, visto que, ao longo dos anos, muitos aterros, inadequadamente implantados e operados, resultaram na degradação e na alteração do meio ambiente local (MELO, 2001).

O que se nota é que a grande maioria das disposições de resíduos no solo é inadequada, constituindo-se em vazadouros a céu aberto, e apenas uma reduzida parcela está de acordo com as normas vigentes. Com isso, as áreas destinadas a receber resíduo sólido, sem uma infra-estrutura adequada, expostas a danos advindos dessa atividade, têm seu futuro comprometido, além de serem responsáveis pela degradação ambiental das regiões sob sua influência.

Segundo ABNT (1992), a NBR 8.419/92 define aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos como: Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (p. 13).

É, sem dúvida, uma interessante alternativa de disposição final de resíduos sólidos para os países em desenvolvimento, observando critérios de projeto de sistema de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para a coleta do lixiviado, de sistema de tratamento para o lixiviado drenado, de drenagem e queima dos gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica.

Os aterros sanitários constituem o principal método de disposição e descarte dos resíduos sólidos, provenientes da atividade humana e considerados indesejáveis. Seus princípios básicos são amplamente difundidos e aceitos em todo o mundo, pois representam a solução para todas as tentativas de eliminação dos resíduos de maneira segura ambientalmente.

É importante observar que, para os resíduos sólidos urbanos (RSU), classificados pela NBR 10.004/87 (ABNT, 1987) como pertencentes à classe de resíduos não perigosos, os aterros sanitários devem dispor de sistemas de proteção com menos exigências ambientais que as apresentadas para os que receberão resíduos perigosos ou de origem industrial. Entretanto, isto não significa reduzir os critérios de projeto, pois se sabe que os resíduos domiciliares podem apresentar substâncias altamente tóxicas e potencialmente poluidoras tanto quanto os resíduos industriais, de mineração ou de serviços de saúde (MELO, 2001).

São duas as razões para considerar o resíduo sólido como uma das mais sérias ameaças à vida do planeta. Uma delas é a falta de locais para depositar a quantidade de resíduo sólido produzido, a outra é o conjunto de substâncias químicas que prejudica a saúde dos seres vivos e o ambiente (FLORIDO, 1998).

Segundo Lima (1995), a classificação dos seres que habitam o lixo está dividida em dois grandes grupos:

- macrovetores: ratos, baratas, moscas, animais de maior porte como cães, aves, suínos, eqüinos e o homem (catador de lixo);
- microvetores: vermes, bactérias, fungos e vírus, sendo este último exclusivamente patogênico e considerado de maior importância epidemiológica.

“Aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos” é a denominação dada aos aterros sanitários para recebimento de resíduos sólidos de origem urbana, os quais contêm resíduos de origem doméstica e de serviços do comércio. Geralmente, apresentam baixo grau de periculosidade ou são classificados como não perigosos, segundo a NBR 10.004/87.

Este tipo de aterro sanitário deve dispor de todos os elementos de proteção ambiental:

- sistema de impermeabilização de base e laterais;
- sistema de cobertura;
- sistema de coleta e drenagem de líquidos percolados;
- sistema de tratamento de líquidos percolados;
- sistema de coleta e tratamento de gás;
- sistema de drenagem superficial;
- sistema de monitoramento.

A disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro sanitário pode ser executada na superfície do terreno (aterros de superfície) ou em escavações naturais ou artificiais (aterros de depressões), a depender das características topográficas apresentadas pelo local de instalação do empreendimento, do grau de periculosidade dos resíduos, das condições hidrogeológicas, entre outros fatores condicionantes.

Os aterros de depressão são aqueles executados em locais específicos (depressões, ondulações, pedreiras extintas, entre outros), em geral, áreas de baixo valor comercial. Este tipo de prática tem sido benéfica, pois, principalmente nos EUA e na Europa, muitos parques e áreas verdes foram construídos em áreas recuperadas. No Brasil, grandes áreas deterioradas vêm sendo recuperadas nas principais capitais, com o objetivo de utilização futura.

Por sua vez, os aterros de superfície são aqueles executados em regiões planas. Dependem de alguns fatores, tais como: disponibilidade de material de cobertura, profundidade do lençol freático, vias de acesso, tipo de solo, dimensões do terreno, entre outros.

Os resíduos podem ser dispostos a partir de três métodos, de acordo com a sua técnica de operação. Estes métodos de operação e disposição dos resíduos estão intimamente relacionados às características geológicas e geotécnicas do local. São eles (Mc BEAN *et. al.*, 1995; BIDONE e POVINELLI, 1999):

a) Método da trincheira

Fundamenta-se na abertura de trincheiras ou valas no solo, onde o resíduo é disposto no fundo, compactado e posteriormente recoberto com a terra escavada. É aplicado quando o local do aterro for plano ou levemente inclinado, onde o lençol freático não está próximo à superfície. O fundo das trincheiras é geralmente coberto por uma camada de solo argiloso de baixa permeabilidade ou por uma membrana sintética, ou mesmo a combinação das duas para minimizar o movimento de líquidos gerados pelo resíduo sólido para as camadas de solos adjacentes.

b) Método da escavação progressiva ou da meia rampa

Fundamenta-se na escavação da rampa onde o resíduo é disposto no fundo, compactado e coberto com solo. É empregado em áreas planas onde o solo natural oferece boas condições para ser escavado e utilizado como material de cobertura. Aliás, esse aspecto caracteriza uma interessante vantagem do método.

c) Método da área

É executado sobre o terreno quando este não oferece boas condições para escavações de trincheiras. Este método é comumente empregado em locais onde a topografia se apresenta de forma irregular e o lençol freático está muito próximo à superfície, sendo assim indicado em regiões baixas e alagadiças. É utilizado quando a topografia local permite o recebimento dos resíduos sólidos, sem a alteração de sua configuração natural.

A formação da célula do aterro exige o transporte e a aquisição de terra para cobertura. Nessas áreas, os resíduos são descarregados e compactados, formando uma elevação tronco-pirâmide, que recebe o recobrimento com solo ao final de um dia de operação.

Esse procedimento não é correto e caiu em desuso, pois requer cuidados especiais, como rebaixamento constante do lençol freático, construção de diques ao longo da linha costeira ou dos rios, com a finalidade de evitar a contaminação das águas pelo chorume, além do bombeamento de toda a água do local antes do início da construção do aterro.

Em todos os sistemas apresentados acima, a disposição dos resíduos é executada em células ou módulos com alturas variando entre 2 e 6 metros a fim de facilitar a operação do aterro e evitar grandes áreas de exposição de resíduos às variações climáticas.

Independente da concepção adotada, o projeto de um aterro sanitário deve ser dimensionado considerando as condições de proteção ambiental em todas as fases do projeto da obra, desde a fase de implantação, passando pela fase de operação, até a fase de

encerramento. Por lei, é exigida a elaboração de um EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental) ou um PCA/RCA (Plano de Controle Ambiental/ Relatório de Controle Ambiental), a depender do local e da área a ser utilizada.

Castilhos Jr. (2003) dissertou em sua obra sobre o projeto, a implantação, a operação e o monitoramento de aterros, chamados de sustentáveis, para municípios de pequeno porte.

2.1.3 Formas de tratamento dos resíduos sólidos

As intervenções municipais, em relação ao tema resíduos sólidos, podem ocorrer conforme mostrado na Figura 1. No gerenciamento dos resíduos, estão inseridas as atividades de coleta, transporte, tratamentos intermediários, recuperação de materiais (reuso/reciclagem), disposição final, educação ambiental e recuperação de áreas contaminadas.

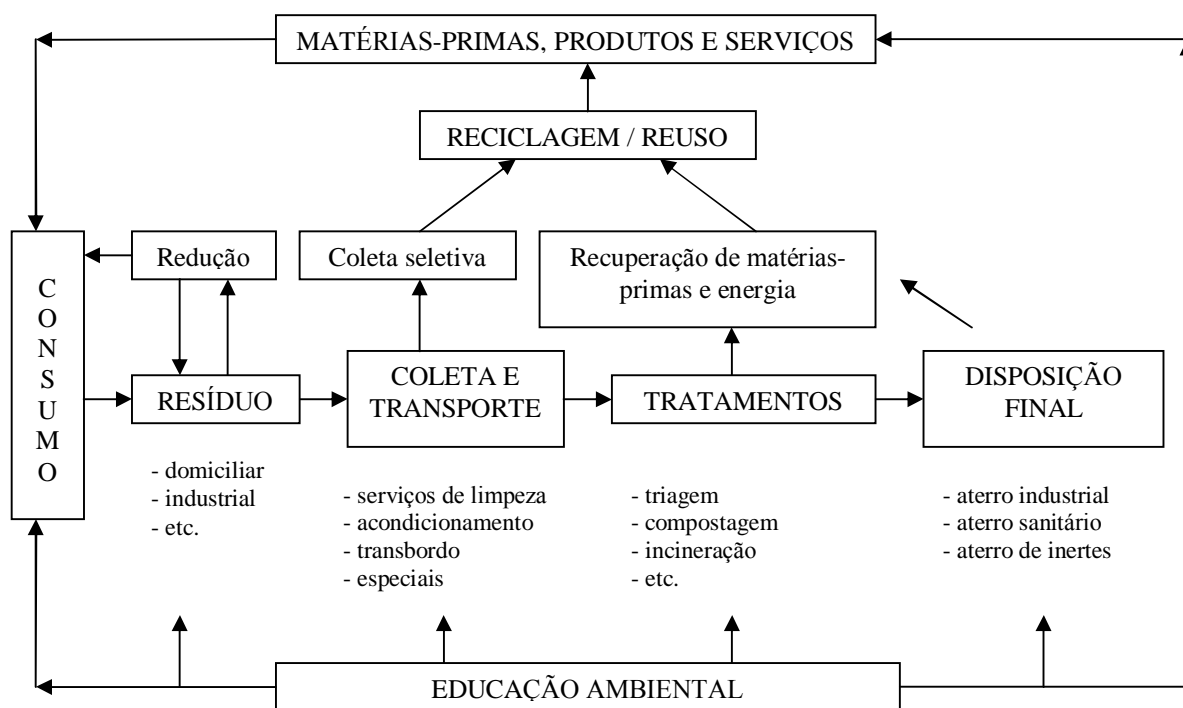


Figura 1: Fluxo de resíduos sólidos

Fonte: IPT & CEMPRE (2001)

Segundo Consoni (2001), existe uma evidente inter-relação das várias componentes do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos e destas com o comportamento da sociedade como consumidora e participantes das atividades do setor, conforme Quadro 3. Conforme o autor, o que se tem observado é a tendência de a gestão municipal dos resíduos sólidos nos

municípios privilegiar a disposição final; mesmo assim, na maioria quase absoluta, ainda com resultados não satisfatórios.

Com o gerenciamento dos RSU, cada município pode estruturar um sistema mais apropriado às suas características de população, indústrias e tipos de resíduos, incorporando os seguintes componentes, conforme Quadro 3.

Quadro 3: Sistema de gerenciamento de RSU

SISTEMA	ATIVIDADE
Redução na fonte	Minimização de embalagens Aumento da vida útil (reusabilidade, reprocessabilidade e reciclabilidade) Materiais reciclados para novos produtos Minimização na geração de resíduos nas residências
Separação de recicláveis na fonte	Captura nos pontos geradores
Recuperação de recicláveis nos resíduos	Separação de recicláveis através de sistemas manuais ou mecanizados
Produção de Bens secundários	Compostagem, embalagens de PVC para novos produtos
Incineração	Queima de resíduos não reutilizáveis
Aterro sanitário	Aterramento de materiais não recicláveis e não incineráveis

Fonte: Adaptado de Consoni (2001)

No Anexo A, encontram-se as formas mais comuns de tratamento de resíduos sólidos (coleta seletiva, reciclagem, compostagem e incineração), tendo em vista que são as atividades de tratamento mais frequentemente usadas pelos órgãos municipais antes de os resíduos serem depositados nos aterros.

Os modelos de Matzenauer (1998), Andrade (2002) e Oliveira (2002) exploram com muita coerência a coleta seletiva, entretanto, deixando a desejar quanto à parcela que não é destinado àquela.

Comparativamente aos países desenvolvidos, o País encontra-se atrasado algumas décadas quanto aos cuidados dispensados ao gerenciamento dos resíduos sólidos municipais.

Quando muito, alguns municípios fazem a coleta diferenciada ou seletiva, poucos utilizando a compostagem como meio de reutilização da matéria orgânica e aumento da vida útil do aterro, obtendo resultados bastante incipientes em termos de abrangência.

As ações de não geração de resíduos sólidos municipais são poucas, no geral. Algumas iniciativas, como o retorno de pilhas e baterias, são marcos positivos a serem destacados.

Como consequência dos aspectos de tratamento acima citados, resta aos municípios a alternativa de aterramento dos resíduos. Depois de estudos de viabilização da seqüência de atividades para identificação e análise da aptidão de áreas para instalação de aterros, deve-se também levar em conta seu encerramento/remediação do local de disposição.

2.2 Decisão do Futuro da Disposição dos Resíduos Sólidos

A continuidade de operação (com sua adequação) ou a necessidade de encerramento de um local de disposição dos resíduos sólidos deve ser avaliada com base em um conjunto de critérios, entre os quais podem ser citados (CEMPRE 2000):

- adequação ambiental – legislação e licenciamento ambiental;
- aptidão natural do terreno – tendência de uso e ocupação do solo nos entornos;
- vida útil remanescente – volume de resíduo em função da área disponível;
- histórico de operação – impermeabilização, compactação, tratamento...;
- distância de centros produtores e vias de acessos;
- infra-estrutura, mão-de-obra e equipamentos;
- possibilidade de expansão;
- disponibilidade de recursos financeiros.

Conforme Cempre (2000), a adequação de um local de disposição de resíduos sólidos municipais decorre de três macroconjuntos de parâmetros relativos, respectivamente, à qualidade natural do local utilizado para o aterro, à infra-estrutura instalada e aos procedimentos operacionais adotados.

A tomada de decisão referente à disposição de resíduos sólidos, a partir do diagnóstico da atual área de disposição dos resíduos, pode ser ilustrada conforme Figura 2.

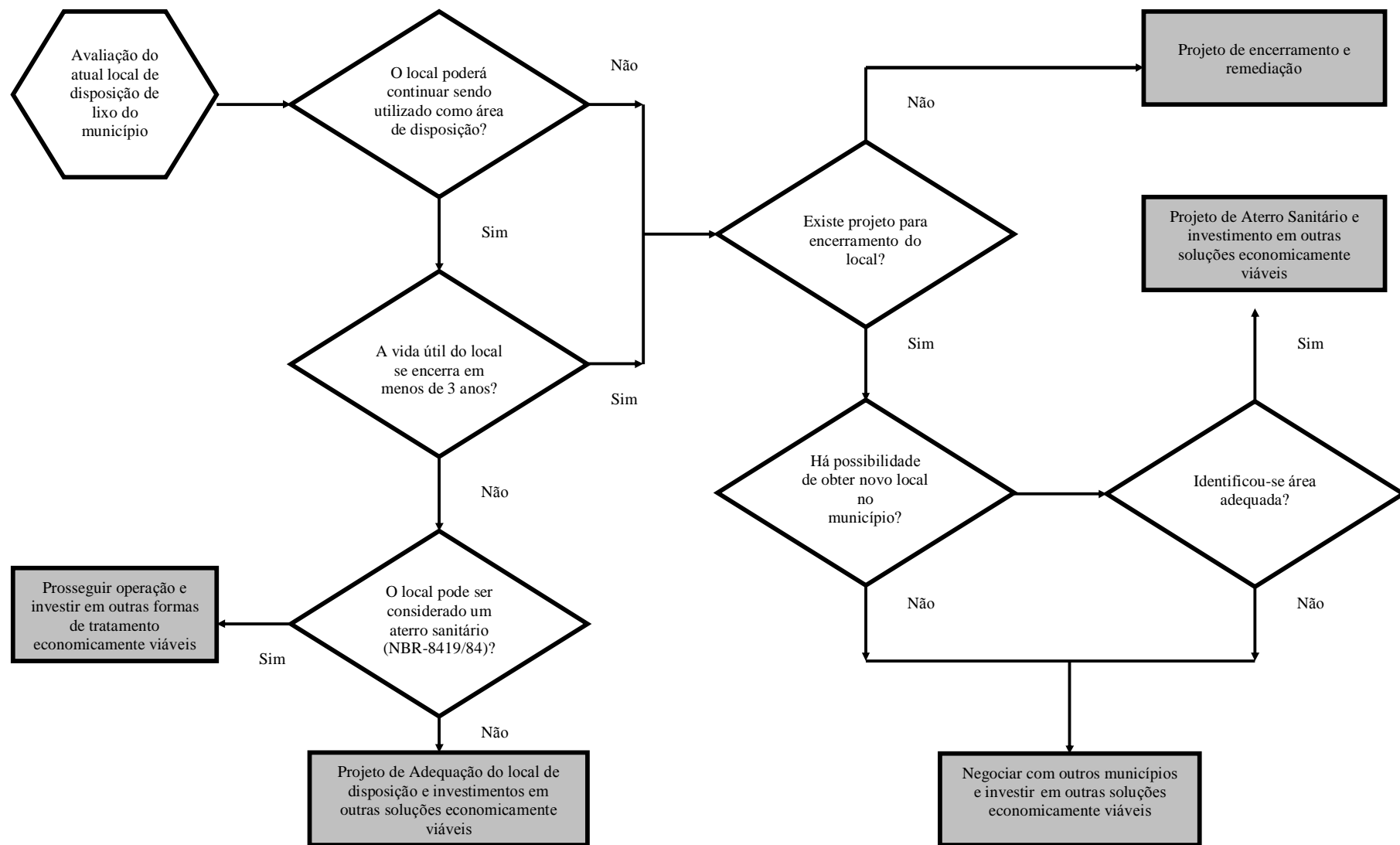


Figura 2: Fluxograma de decisões sobre a disposição de resíduos do município.

Fonte: Cempre (2000)

Na prática, existe uma lacuna a ser preenchida, quanto à recuperação de áreas degradadas pelo encerramento de locais de depósito de resíduos. Existe um consenso no meio técnico que, na maioria das vezes, não há recursos para sua recuperação completa. As ações se restringem, normalmente, a aspectos de encerramento de locais e procedimentos para sua estabilização física.

2.3 Aspectos Legais e Normativos

O atual estágio de degradação ambiental tem levado a humanidade a questionar não só as causas que a determinaram, como também as conseqüências para a atual e as futuras gerações, e os meios de solução da crise, com a regeneração dos recursos já degradados e a proteção dos recursos ainda disponíveis mediante preservação ou uso sustentado.

Os princípios do desenvolvimento sustentável envolvem o processo de integração dos critérios ambientais na prática econômica, a fim de garantir que os planos estratégicos das organizações satisfaçam a necessidade de crescimento e evolução contínuos e, ao mesmo tempo, conservem o “capital” da natureza para o futuro. Aplicar o princípio significa viver dentro da capacidade dos ecossistemas existentes. Isso exigirá mudanças em muitos aspectos da sociedade e do comércio.

O conceito de desenvolvimento sustentável aqui referenciado provém da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1988, p.46), constituída pela ONU, que define que o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades.

Desde o surgimento dos primeiros reclames ambientalistas, a legislação nos diversos países tem sido incrementada, através inclusive da adoção de políticas públicas objetivando a proteção dos recursos naturais, antes de forma tímida, esparsa em uma ou outra norma mais geral, hoje de maneira mais acentuada, fruto de uma tomada de posição mais militante de grupos de interesse e movimentos sociais organizados, que reivindicam um maior cuidado com as injunções humanas sobre o meio ambiente.

Entretanto, as formas de proteção diferem de forma extremada entre situações socio-econômicas diversas no globo, a partir da maneira como se deram os processos de

crescimento econômico e distribuição da renda, determinados por fatores históricos, culturais e políticos, que acabaram por resultar numa incoerente distribuição das riquezas.

Segundo Grimberg e Blauth (1998, p. 7), “[...]o atual padrão de desenvolvimento caracteriza-se centralmente pela exploração excessiva e constante dos recursos naturais da Terra, pela geração maciça de resíduos e pela crescente exclusão social”.

Conforme Rodrigues e Cavinatto (1997, p. 12), estamos vivendo a era dos descartáveis, quando tudo aquilo que é produzido pela indústria é usado uma única vez ou por pouco tempo, e em seguida jogado fora, transformando-se em resíduo.

2.3.1 Origem da legislação ambiental

As normas jurídicas que no seu conjunto formam o Direito Ambiental se encontram dispersas em inúmeros diplomas legais, em virtude de esses textos legislativos terem surgido paulatinamente, conforme evoluía a própria concepção de meio ambiente, à medida que se evidenciava o impacto da atividade humana sobre seu meio.

Inicialmente, a legislação tratou de elementos setoriais do meio ambiente, surgindo os códigos de caça, pesca, florestal, etc., havendo uma preocupação com o meio natural. Depois, dirigida à proteção de ecossistemas, por intermédio da criação de parques, reservas ecológicas e do combate à poluição nas suas variadas formas. Finalmente, preocupada com o meio ambiente globalmente considerado, entendido conforme o conceito da Política Nacional do Meio Ambiente no seu art. 3, como o conjunto das relações, interações e interdependências que se estabelecem entre todos os seres vivos, uns com os outros e o meio físico no qual vivem.

No Brasil, podem-se destacar três momentos normativos de envergadura: o ineditismo da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), a qual, pela primeira vez, conceituou o meio ambiente no plano legislativo (o meio ambiente como o mundo natural: *conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas*); a Lei nº 7.347/85, que disciplinou a Ação Civil Pública por danos causados ao meio ambiente e outros bens de valor artístico, paisagístico, estético e histórico; e a Constituição Federal de 1988, que, além de consagrar diversos institutos voltados para a proteção ambiental, dedicou todo um capítulo à disciplina da relação do cidadão brasileiro com o meio.

A gestão do meio ambiente no Brasil, através de políticas públicas, tem sido ao longo dos anos mais corretiva (ou repressiva) do que preventiva. Tem-se dado mais vazão a consertar os estragos feitos do que preveni-los através de legislação adequada e suporte institucional aos órgãos responsáveis pela execução da política ambiental. Caracteriza-se pela ação pontual, estacionária, ao invés da antecipativa e corretiva (JESUS, 2001).

Em 5 de outubro de 1988, foi promulgada a atual Constituição Brasileira, em que pela primeira vez foi inserido um capítulo específico para o meio ambiente, apesar de esparsamente previstas cláusulas protetoras em dispositivos constitucionais anteriores. Em seu artigo 225, declara o meio ambiente como bem de uso comum de todos e impõe tanto ao poder público quanto à coletividade o dever de zelar por sua proteção.

Além deste, o texto traz um elenco vasto de dispositivos tendentes à proteção do meio ambiente, como a legitimidade de o cidadão propor ação popular, defesa da biota e demais recursos hídricos, minerais e naturais, função social da propriedade, preservação da população indígena, controle das atividades nucleares, etc.

2.3.2 Princípios da Política Nacional do Meio Ambiente

As principais regras e diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente foram fixadas via legislativa e pela adesão do País a uma série de documentos internacionais relativos à matéria.

Assim, estas normas passaram a integrar o nosso ordenamento jurídico. Os princípios da Política Nacional do Meio Ambiente foram incluídos entre os fundamentos de Direito Ambiental, sendo estas normas inseridas na legislação em vigor, tornando-se normas de conduta impositivas a todos, poder público, particulares e setor econômico. É uma norma de hierarquia superior às demais regras jurídicas, influenciando e repercutindo sobre todas as demais normas do sistema. No Anexo B, encontram-se os princípios da Política Nacional do Meio Ambiente.

2.3.3 Os resíduos sólidos urbanos no contexto do Direito Ambiental brasileiro

Segundo Milaré (2000), carecemos ainda de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos que defina normas relativas à prevenção da geração, minimização, reutilização, manejo, acondicionamento e coleta.

O resíduo é matéria fora do lugar (SCLiar, 1999). Como matéria fora do lugar, os resíduos causarão poluição, ocasionando impactos ambientais às vezes irreversíveis aos ecossistemas. Estes impactos (dependendo da dimensão) podem acarretar desequilíbrios ecológicos significativos aos seres vivos, principalmente aos seres humanos.

Caso não sejam tomados os devidos procedimentos de controle da poluição, os resíduos representarão um risco à saúde pública, principalmente às pessoas menos favorecidas pelo modelo político-econômico.

Enquanto não se estabelece efetivamente uma política nacional com esses fins, faz-se necessária a criação de políticas públicas em nível municipal e estadual, envolvendo-se todos os segmentos da população, através da gestão participativa dos resíduos sólidos urbanos.

Segundo Machado (1999), os resíduos sólidos têm sido negligenciados tanto pelo público como pelos legisladores e administradores, devido provavelmente à ausência de divulgação de seus efeitos poluidores, já que, como poluente, têm sido menos irritantes que os resíduos líquidos e gasosos, porque colocados na terra não se dispersam amplamente como os poluentes do ar e da água. A preocupação aparece quando não são obedecidas essas normas gerais.

O item X da Portaria 053/79 do Ministério de Interior, por exemplo, proíbe o lançamento e o depósito de resíduos sólidos a céu aberto, mas a proliferação dos lixões continua persistindo na maioria das cidades brasileiras, causando impactos sanitários, ambientais e também sociais.

Em se tratando da punição dos atos poluidores por lançamento e destinação inadequada dos resíduos sólidos, procede a instauração de inquérito civil público e ação civil pública para ajustamento de conduta, punição administrativa através de multas e interdição temporária ou definitiva da obra ou atividade poluidora, e punição penal, que pode ser de reclusão a detenção, com ou sem multa.

2.3.4 Legislação e licenciamento ambiental

A legislação ambiental brasileira sofreu considerável avanço nos últimos anos. Hoje, existe, no cenário nacional, um amplo aparato normativo que demonstra a tutela jurídica do meio ambiente do nosso país.

O aspecto institucional circunscreve-se, de certa forma, à atuação integrada do Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama, criado com a Lei nº 6.938/81, que representa um

conjunto articulado de órgãos, entidades, regras e práticas da União, do Distrito Federal, dos Estados e dos municípios, responsáveis pela proteção da qualidade ambiental (CEMPRE, 2000).

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 23, incisos III, IV, VI e VII, confere aos municípios a competência para a proteção ambiental, em comum com a União e os Estados.

Como a Constituição concedeu ao município a competência para organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, expressando, assim, sua autonomia administrativa, deve então o município prover sobre limpeza das vias e logradouros públicos, remoção e destino dos resíduos sólidos. Esta prestação de serviços públicos pode ser feita de forma centralizada ou descentralizada:

- centralizada: a limpeza urbana deve estar instituída em lei, que cria o serviço e regulamenta suas atividades (órgãos e servidores do município);
- descentralizada: o serviço será executado por pessoa com personalidade jurídica distinta do município. Neste caso, o serviço poderá ser executado sob o regime de Contratação ou Consórcio Intermunicipal (Quadro 4).

Quadro 4: Administração RSU Descentralizada

Contratação		Consórcio Intermunicipal
Permissão	Concessão	Acordo firmado entre municípios para a realização de objetivos ou interesses comuns.
Ato administrativo precário pelo qual o Poder Público faculta ao particular a execução de serviços de interesse coletivo	Contrato administrativo pelo qual a administração pública delega a outrem a execução de um serviço público	

Fonte: Cempre (2000)

Um marco decisivo para o que atualmente se conhece por gerenciamento ambiental, no País, decorrente da Lei Federal nº 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e, entre outros aspectos, instituiu a sistemática de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) para atividades modificadoras ou potencialmente modificadoras da qualidade ambiental e criou o Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama (CEMPRE, 2000).

Assim, por se constituir em atividade tipicamente modificadora da qualidade ambiental, os diversos empreendimentos para tratamento e para disposição final de resíduos sólidos municipais enquadram-se na exigência da Lei nº 6.938/81, sendo necessária a obtenção das seguintes licenças (CEMPRE, 2000): Licença Prévia (LP), Licença de Implantação (LI) e Licença de Operação (LO).

2.3.5 Legislação do Estado de Santa Catarina

A Constituição Federal de 1988 especifica que o Estado apresenta competência supletiva para editar normas específicas sobre a proteção ambiental e o saneamento, além de competência comum (art. 23 e 24).

Portanto, os Estados estabelecem através de leis a ordenação da matéria referente à proteção ambiental, cada qual de acordo com as especificidades e problemas particulares.

No caso de Santa Catarina, a legislação ambiental é composta basicamente pela Lei n. 5793 de 21 de outubro de 1980, publicada no Diário Oficial do Estado em 22 de outubro de 1980, que dispõe sobre a proteção e a melhoria da qualidade ambiental e dá outras providências, a qual foi regulamentada pelo decreto n. 14.250 de 5 de junho de 1981, artigos 20 a 26, que estabelece a obrigatoriedade de instalação de tratamento adequado para o resíduo sólido urbano, devidamente licenciado pelo órgão ambiental.

O art. 20 do decreto 14.250 proíbe o depósito de resíduos, em qualquer estado físico, desde que ele cause degradação da qualidade ambiental. O art. 21, parágrafo 1º, diz que, quando a disposição for realizada através de aterros sanitários, estes deverão ser realizados de forma a preservar os recursos hídricos e dentro das normas exigíveis. No parágrafo 2º, fica proibida a utilização de resíduo sólido *in natura* na agricultura ou para a alimentação de animais.

O art. 22 disciplina o procedimento a ser usado na manipulação dos resíduos provenientes de estabelecimentos de saúde.

O art. 25 proíbe a queima ao ar livre de resíduos sólidos, líquidos ou de outros materiais combustíveis. O art. 26 proíbe a instalação de incineradores domiciliares, prediais, exceto os incineradores hospitalares.

Em 1984, foi instituído o Programa Catarinense de Resíduos Sólidos, o qual apresentou superficialmente um diagnóstico da situação estadual no tocante ao sistema de limpeza pública, assim como uma análise da legislação em vigor.

Em 2001, o Ministério Público Catarinense instituiu um programa especial de proteção das áreas degradadas pela deposição irregular de resíduos sólidos no Estado de Santa Catarina, intitulado Programa “Lixo Nosso de Cada Dia”.

Com este programa, a Coordenadoria de Defesa do Meio Ambiente do Estado, com o apoio dos Promotores de Justiça das Comarcas que não estavam atendendo à legislação referente ao destino final dos resíduos sólidos firmaram Termos de Compromisso de Ajustamento de Conduta com os representantes legais dos municípios.

Observa-se, pelas colocações acima, que o Estado apresenta legislações na matéria ambiental, e iniciativas estão sendo tomadas; entretanto, o controle e o combate aos abusos cometidos contra a natureza, inclusive em relação à destinação final dos resíduos sólidos, ainda têm um longo caminho a ser percorrido.

A fragilidade na fiscalização, na proteção e na recuperação da agressão ambiental causada pelo depósito incorreto dos resíduos, muitas vezes em área de preservação permanente, provém não somente da insuficiência de recursos humanos e materiais destinados ao alcance de tal aspiração, mas também e principalmente pela falta de articulação e cooperação dos órgãos encarregados.

2.4 Considerações sobre Resíduos Sólidos

Com o desenvolvimento das cidades, aliado ao avanço tecnológico e consumo da população, houve o aumento na quantidade de exploração dos recursos naturais e, em consequência, acréscimo proporcional na quantidade e na diversificação da composição de resíduos sólidos gerados. O gerenciamento desses resíduos tem se constituído em um problema de difícil solução para a humanidade em seu atual estágio de desenvolvimento, gerando impactos econômicos, sociais e ambientais, os quais se traduzem em deseconomias, por ameaças à saúde pública e por degradação ambiental.

Os processos de urbanização e de industrialização foram e são apontados como os principais fatores responsáveis pela multiplicação dos problemas com a produção de resíduo sólido (GONÇALVES, 1998).

O processo de intensa e acelerada metropolização provoca o colapso dos sistemas de serviços públicos. Nos centros urbanos, se inicia grande parte da crise ambiental, com a qualidade de vida tornando-se cada vez pior. Muitas vezes, nas últimas décadas, esse

crescimento urbano tem resultado em áreas de disposição descontrolada, pondo em risco, de imediato, a saúde dos residentes mais próximos ou adjacentes ao próprio local.

Os resíduos sólidos gerados pela atividade cotidiana dos cidadãos, pelos seus hábitos de consumo e pela produção industrial, são um dos principais problemas presentes nos centros urbanos.

O problema tende a se agravar à medida que a população urbana e a quantidade de resíduos per capita gerada diariamente ainda aumentam a taxas significativas, enquanto diminuem as alternativas de áreas para disposição dos resíduos. Some-se a isso o fato de que, na grande maioria das cidades brasileiras, o destino final dos resíduos sólidos urbanos é totalmente inadequado.

Entre os métodos de tratamento de resíduos, antes de serem depositados em aterros, destacam-se principalmente a reciclagem, a compostagem e a incineração. A coleta seletiva é o ponto de partida para o sucesso de um projeto de reciclagem.

Quanto à legislação, existem contradições importantes entre o expresso na lei e a prática social: de um lado, há demandas sociais poderosas disputando recursos orçamentários e, de outro, forças internas e externas que enfraquecem a eficácia destas políticas.

O Brasil, apesar de estar entre as maiores economias mundiais, apresenta uma desigualdade social muito acentuada. Na economia globalizada, o capitalismo excludente gera alta competitividade, individualismo e necessidade de qualificação profissional. Em função desses fatores, entre outros, a péssima distribuição de renda exclui do mercado milhares de pessoas, que, não tendo outra opção, buscam sua sobrevivência nos lixões e em outros ambientes insalubres.

De maneira geral, a dimensão socioambiental tem sido expressa na legislação brasileira, havendo uma tendência geral de qualificá-la como uma das mais completas no mundo. Entretanto, não se verifica sua aplicação plena devido principalmente à inércia do próprio poder público. A lei é, pois, um instrumento importante básico para o respeito ao meio ambiente, mas precisa ser democratizada para ser cumprida.

À sociedade civil cabe zelar pelo seu efetivo cumprimento. Se há escassez de recursos financeiros e aporte estrutural, recorra-se à sociedade, para que se tenha a noção exata de sua aspiração. Por todas estas circunstâncias, não se pode ter o direito a sua evolução como apenas uma maneira a mais de se obter resposta e solução para a atual problemática.

De uma forma ou de outra, acaba se expressando a própria evolução social, traduzida na busca da dignidade humana, e uma tentativa de reconhecimento do valor intrínseco da

natureza como um bem a ser tutelado, independente da utilização a ser dada pelo homem. Trata-se de dar guarida à necessidade de formação da cidadania ecológica, como mais um patamar de desenvolvimento dos direitos do homem, abrangendo signos das cidadanias civil, política e social, integrando novos direitos e novas condições de vida desejadas pela sociedade no contexto de transição do século, na garantia de vida da atual e das futuras gerações.

O equacionamento da problemática dos resíduos sólidos urbanos depende da criação de políticas públicas específicas, orientadas pela legislação existente. Mas destaca-se que os problemas sociais não se resolverão apenas com estas políticas públicas. O problema perpassa o âmbito da administração municipal, pois se percebe a necessidade de uma mudança cultural, de valores, hábitos, costumes e condutas.

Conforme a legislação em vigor, as prefeituras são responsáveis pela coleta e a destinação do resíduo sólido, mas não podem intervir diretamente na sua geração, tendo que arcar com todo o ônus desta.

Apesar de haver uma Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81) e diversas leis específicas, o estabelecimento de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos pode ser um importante instrumento para orientar os Estados e municípios brasileiros, desde que contemple o desenvolvimento nacional, regional e local a partir de uma lógica norteada pela equidade social, elevação da qualidade de vida e equilíbrio ambiental. Uma Política Nacional com essa intenção deve estar preocupada em preservar a saúde pública; proteger e melhorar a qualidade do ambiente; assegurar a utilização adequada e racional dos recursos naturais; disciplinar o gerenciamento dos resíduos; estimular a implantação, em todas as cidades e localidades brasileiras, dos serviços de gestão de resíduos sólidos, e gerar benefícios sociais e econômicos.

2.4.1 Considerações sobre resíduos sólidos no Estado de Santa Catarina

No Estado de Santa Catarina, a Lei 5.793 dispõe sobre a proteção ambiental, e mais recentemente o Programa “Lixo Nosso de Cada Dia”, instituído pelo Ministério Público Estadual, fez com que os municípios catarinenses se manifestassem com relação ao destino dos resíduos sólidos. A situação dos resíduos sólidos no País é preocupante, e em Santa

Catarina, conforme relatório do Ministério Público do Estado, 56% dos municípios catarinenses depositam os resíduos sólidos em lixões a céu aberto (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4: Relação dos municípios catarinenses conforme destino do resíduo sólido

Classificação de Atividade	Municípios	% de Municípios
Lixões a Céu Aberto	156	56 %
Usina de Compostagem	12	5 %
Aterro Sanitário	75	27 %
Recolhimento Privado	19	7 %
Reciclagem	10	4 %
Lixão Industrial	2	1 %
Não coleta	4	2 %

Fonte: Ministério Público de Santa Catarina (2001)

Tabela 5: Relação dos municípios catarinenses em relação aos lixões

Lixões com Licenciamento	48	17 %
Lixões sem Inspeção	37	14 %
Lixões sem Licenciamento	182	66 %

Fonte: Ministério Público de Santa Catarina (2001)

Assim sendo, o Ministério Público Catarinense, através do Diagnóstico de Resíduos Sólidos em Santa Catarina, produzido pela Companhia de Polícia de Proteção Ambiental (MINISTÉRIO PÚBLICO, 2001), apurou que a maioria dos municípios do nosso Estado dispõe irregularmente seus resíduos sólidos, causando grave comprometimento ambiental. Então, ao definir as suas políticas e prioridades institucionais, na área de meio ambiente, entendeu da necessidade de instituir um programa especial de proteção às áreas degradadas pela deposição irregular de resíduos sólidos no Estado de Santa Catarina.

Com o programa “Lixo Nosso de Cada Dia”, o Ministério Público e os demais órgãos estaduais encarregados da proteção ambiental estão tomando medidas com vistas à obtenção da total recuperação das áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos e a implementação de aterros sanitários, usinas de reciclagem ou outros meios ambientalmente adequados, além de um trabalho de educação ambiental.

As organizações estão percebendo a importância de melhorar seu desempenho ambiental, e avanços significativos surgem em função de modificações de procedimentos e condutas das pessoas. Uma das formas mais eficientes de melhora, neste sentido, consiste na implantação do Sistema de Gestão Ambiental, que será tratado no próximo item.

2.5 Sistema de Gestão Ambiental e Gestão da Estratégia

Ao longo da história, o homem sempre utilizou os recursos naturais, que eram abundantes, gerando resíduos sólidos sem grandes preocupações quanto ao local para se dispor.

Com o avanço tecnológico e da informação, estamos vivendo a “terceira onda”, com retorno ao trabalho de maior individualidade e aumento expressivo de conhecimentos graças à grande facilidade de obtenção de informações. O homem está voltado a ser “mais ecológico”, por uma questão de qualidade de vida, gerado pela informação (MOURA, 2002).

A globalização que hoje se vivencia também atingiu as questões ambientais. A proteção das indústrias locais dos países de Primeiro Mundo impõe barreiras ao produto de países de legislação menos restrita, tornando-os menos competitivos.

A competitividade é grande, e está apoiada e limitada por aspectos e impactos ambientais. Conseqüentemente, o sistema gerencial das empresas deve englobar a variável ambiental, sendo explicadas, na ISO 14000 e na implantação do Sistema de Gestão Ambiental, formas de se tratar esta variável.

Existem, contudo, inúmeros limites quanto à implantação do SGA, e sua integração aos sistemas de gestão da estratégia e de operação da empresa.

2.5.1 Sistema de Gestão Ambiental

Em seu trabalho, Campos (2001) apresentou uma visão geral da evolução dos sistemas de gestão e desempenho ambiental, desde a EPA (*Environmental Protection Agency*) até o conjunto de normas ISO 14000.

O conjunto de normas ISO 14000 fez com que o mundo todo focasse as questões ambientais, encorajando a busca de um planeta mais limpo, seguro e saudável para todos. A existência destas normas permitiu que as organizações dirigissem seus esforços de adequação

ambiental contra os critérios de uma norma de aceitação mundial, de modo que não surjam conflitos regionais quanto à interpretação da boa prática ambiental.

As normas se aplicam a todos os tipos e tamanhos de organizações públicas ou privadas, do setor produtivo ou de serviços, e são designadas para atender às diversidades geográficas, culturais e sociais.

A implantação do Sistema de Gestão Ambiental é uma das melhores formas de se conseguir obter melhorias de desempenho ambiental em uma organização. Sua implantação é facilitada com auxílio da norma NBR ISO 14001 “Sistema de Gestão Ambiental – Especificações e diretrizes para o uso”.

A NBR ISO 14001, bem como as demais normas internacionais de gestão ambiental, tem por objetivo prover as organizações de elementos de um sistema de gestão ambiental eficaz, passível de integração com qualquer outro requisito de gestão, de forma a auxiliá-las a alcançar seus objetivos ambientais e econômicos. Nenhuma dessas normas foi concebida com o objetivo de criar barreiras comerciais nem para ampliar ou alterar as obrigações legais de uma organização (CAMPOS, 2001).

Não existe um limite para a aplicação de um sistema de gestão ambiental, e podem ser incluídos produtos, serviços, atividades, operações, plantas, transportes, etc. Todas as atividades da organização devem ser consideradas para o levantamento dos aspectos e impactos ambientais, considerando as práticas atuais, passadas e futuras. Devem ser revisados estes aspectos e impactos ambientais para as condições normais, anormais e para situações de emergência.

2.5.2 Sistema de Gestão Ambiental (SGA) segundo a NBR ISO 14001

A ISO 14001 é a norma mais conhecida da série, por ser a única norma certificável. É uma norma de utilização voluntária e que pode ser utilizada para implantação de SGA, seja na busca de certificação, seja no reconhecimento por um órgão certificador ou simplesmente para uma autodeclaração de que possui um SGA implantado no modelo da referida norma. O intuito da ISO 14001 é que a organização estabeleça um Sistema de Gestão Ambiental.

A implantação de um SGA é uma das melhores formas para conseguir obter melhorias de desempenho ambiental em uma organização, cumprindo basicamente três grandes conjuntos de atividades (MOURA, 2002):

- **Análise da situação atual do empreendimento.** Verificar “onde estamos” no momento, no tocante ao desempenho atual, quanto aos seus produtos, serviços

prestados e sistemas de produção. É a fase do diagnóstico do problema, levantando-se os impactos ambientais principais;

- **Estabelecimento de Metas.** Estudar as possibilidades físicas, os recursos materiais e humanos necessários, e, a partir de diretrizes vindas da Política Ambiental, definir “aonde queremos chegar” em termos de melhoria;
- **Estabelecimento de Métodos.** Verificar qual o modo de trabalho que vai definir “como chegar” aos resultados pretendidos para que sejam atingidas as metas.

Tendo como objetivo a melhoria contínua, a implantação do SGA ISO 14001 segue a metodologia PDCA (Figura 3), também conhecida como *Ciclo de Deming*, composto de quatro grandes passos de *Plan* (Planejar); *Do* (Realizar); *Check* (Verificar); e *Action* (Atuar para corrigir) e recomeçar um novo ciclo (MOURA, 2002).

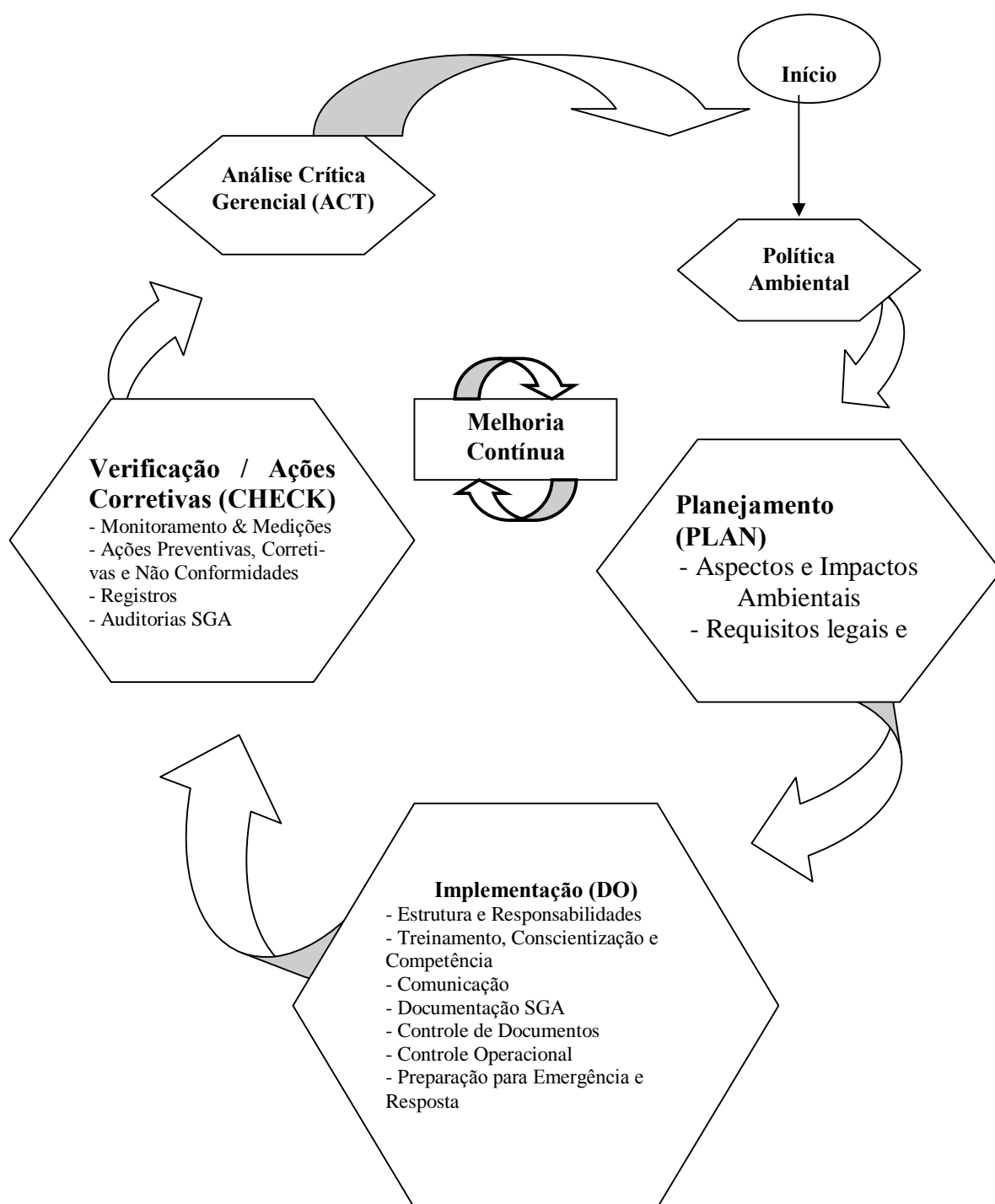


Figura 3: Ciclo PDCA para o Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001

Fonte: NSF International (2001)

A norma ISO 14001 possui 17 elementos que são distribuídos dentro do ciclo PDCA, e que está brevemente descrito no Anexo C.

Segundo Rovere et al. (2003), a implantação de um SGA constitui a estratégia, dentro de um processo de melhoria contínua, com a identificação de oportunidades que reduzam os impactos das atividades da organização sobre o meio ambiente, melhorando, simultaneamente, sua situação no mercado e suas possibilidades de sucesso. Ainda, segundo os autores, a gestão ambiental está fundamentada em cinco princípios básicos que podem ser definidos como segue:

- Princípio 1 – conhecer o que deve ser feito; assegurar comprometimento com o SGA e definir a Política Ambiental;
- Princípio 2 – elaborar um plano de Ação para atender aos requisitos da política ambiental;
- Princípio 3 – assegurar condições para o cumprimento dos objetivos e metas Ambientais e implementar as ferramentas de sustentação necessárias;
- Princípio 4 – realizar avaliações qualiquantitativas periódicas da conformidade ambiental da organização;
- Princípio 5 – revisar e aperfeiçoar a política ambiental, os objetivos e metas, e as ações implementadas para assegurar a melhoria contínua do desempenho ambiental da organização.

2.5.3 Estabelecimento da política ambiental

Uma “política”, em um empreendimento, é o conjunto de intenções de sua alta direção sobre um determinado assunto, da qual vão decorrer uma série de medidas e procedimentos que orientam as condutas gerenciais.

Segundo Moura (2002, p. 67), para estabelecimento de uma política ambiental, os seguintes pontos devem ser considerados:

- **Política adequada aos impactos ambientais das atividades, produtos e serviços** – evitar generalidades, bem como inadequação das intenções à realidade existente;
- **Melhoramento contínuo** – esforço continuado da melhoria do desempenho ambiental;

- **Cumprimento da legislação** – não apresentar conflitos com a legislação. Pode até não estar naquele instante cumprindo a lei, mas em processo de adequação, através de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC);
- **Revisão dos objetivos** – em função dos resultados alcançados, bem como novas legislações governamentais;
- **Documentação e comunicação** – deve ser registrado por escrito e comunicado internamente, como também ao público externo.

2.5.4 Planejamento estratégico da organização

Realização de um diagnóstico ambiental e de um planejamento estratégico da organização com enfoque ambiental, de modo a determinar as ameaças ao seu desenvolvimento e identificar as oportunidades que podem colaborar para o seu crescimento.

As ameaças da organização serão identificadas após a análise do ambiente externo, sendo as vulnerabilidades e potencialidades identificadas após a análise do ambiente interno.

Definido o cenário, devem ser estruturados os recursos materiais e humanos para as equipes de trabalho, para que, com base nas ações do presente, seja possível prosseguir metas e construir o futuro almejado pela organização.

Moura (2002), conforme Quadro 5, sugere que as seguintes variáveis devem ser identificadas e mapeadas para a realização das análises estratégicas:

Quadro 5: Variáveis externas e internas na análise estratégica

Variáveis Externas	Variáveis Internas
Políticas (decisões do governo e legislação)	Humanos (qualificação, motivação)
Sociais (comunidade, cultura)	Materiais (matérias-primas, equipamentos)
Econômicas (financiamentos, multas)	Financeiras (investimentos, indenizações)
Tecnológicas (reciclagem, incineração)	Tecnológicas (tecnologia em equipamentos)

Fonte: Adaptado de Moura (2002)

2.5.5 Auditoria ambiental

É no quarto princípio de implementação do Sistema de Gestão Ambiental que a auditoria ambiental surge como ferramenta essencial para o efetivo funcionamento dos procedimentos relacionados com o meio ambiente. O instrumento de auditoria funcionará como forma de verificação do que foi estabelecido como política, objetivos e metas da organização. O acompanhamento permanente da adequação da política ambiental reflete a postura da organização em relação aos aspectos ambientais e, conseqüentemente, aos impactos da atividade produtiva.

O Sistema de Gestão Ambiental está intimamente ligado à auditoria ambiental. O SGA depende da auditoria para poder evoluir na perspectiva de melhoria contínua. Assim, as normas ambientais determinam que a organização estabeleça e mantenha um programa de auditorias periódicas, segundo procedimento específico, para verificar se o SGA está sendo conduzido em conformidade com os requisitos das normas, e se foi implementado e mantido corretamente. Portanto, é necessário o conhecimento da auditoria ambiental como instrumento de gestão ambiental que vai “pilotar” o SGA.

A auditoria ambiental é definida como um processo sistemático e documentado de verificação, executado para obter e avaliar, de forma objetiva, evidências de auditoria para determinar se atividades, eventos, sistemas de gestão e condições ambientais especificados ou as informações relacionadas a estes estão em conformidade com os critérios de auditoria, e para comunicar os resultados deste processo ao cliente (ABNT, 1996c).

Uma auditoria consiste basicamente em um exame sistemático ou vistoria de caráter técnico e especializado de processos em uma organização (IPT, 1996), sendo mais comuns as auditorias contábeis, da qualidade e ambientais. Enquanto a primeira é compulsória, as duas últimas são voluntárias e possuem muitos pontos em comum, sendo destacadas ferramentas de gerenciamento.

Como diferenças básicas entre as normas de qualidade e as do Sistema de Gerenciamento Ambiental, destacam-se as partes interessadas do sistema e os objetivos da auditoria ambiental (IPT, 1996). O sistema da qualidade é normalmente limitado a uma relação contratual entre cliente e fornecedor. No sistema ambiental, as partes interessadas são mais amplas: órgãos de controle ambiental, população dos entornos, funcionários, acionistas, seguradoras, clientes, consumidores, ambientalistas e público em geral.

Segundo Consoni (2001), a auditoria da qualidade visa à eficácia de um sistema e sua capacidade em satisfazer um cliente, em termos de ofertar o produto (bem ou serviço) nas características requeridas. Já a auditoria ambiental, no contexto de Sistema de Gerenciamento Ambiental, deverá julgar se o sistema implantado (teoria e prática) é condizente com os objetivos ambientais prescritos.

A auditoria ambiental surgiu nos Estados Unidos no final da década de 70, com o objetivo principal de verificar o cumprimento da legislação. Ela era vista pelas empresas norte-americanas como uma ferramenta de gerenciamento utilizada para identificar, de forma antecipada, os problemas provocados por suas operações. Essas empresas consideravam a auditoria ambiental como um meio de minimizar os custos envolvidos com reparos, reorganizações, saúde e reivindicações. Muitas empresas aplicavam, também, a auditoria para se prepararem para inspeções da Environmental Protection Agency – EPA e para melhorarem suas relações com aquele órgão governamental.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT apresentou, em dezembro de 1996, as NBR ISO 14010, 14011 e 14012, referentes à auditoria ambiental:

- a) NBR ISO 14010: relativa às diretrizes para auditoria ambiental; apresenta fundamentos teóricos do processo de auditoria, contendo terminologias e considerações gerais a respeito dos objetivos, escopo e procedimentos de auditorias ambientais, e qualificação dos auditores (ABNT, 1996e);
- b) NBR ISO 14011: trata de forma detalhada dos procedimentos de auditoria do Sistema de Gerenciamento Ambiental, definindo o papel dos envolvidos (auditores, auditados e cliente), e apresenta passo a passo o processo de auditoria (ABNT, 1993a, 1993b e 1993c);
- c) NBR ISO 14012: define critérios de qualificação de auditores ambientais para auditorias ambientais do Sistema de Gerenciamento Ambiental, discorrendo sobre requisitos da formação, experiência, treinamento, qualidades pessoais e credenciamento (ABNT, 1996d).

Segundo Moura (2002), as auditorias podem ser internas ou externas. As primeiras, também chamadas de “auditorias de primeira parte”, são realizadas por pessoal da própria organização. É selecionado um grupo de pessoas com bom conhecimento da organização e de seus processos, que, começando pela análise detalhada da política ambiental, dos objetivos e metas dos passos do SGA, preparam um questionário a ser respondido nas várias áreas.

Já as auditorias externas, também chamadas de “auditorias de terceira parte” são realizadas por pessoas ou empresas externas, o que permite às vezes a participação de pessoal

mais especializado e, principalmente, isento quanto aos relacionamentos internos da organização, que podem prejudicar a confiabilidade dos resultados (MOURA , 2002).

As “auditorias de segunda parte” são aquelas feitas por um cliente na empresa fornecedora, como parte de um contrato, para inspeção de fabricação, análise do sistema de qualidade da empresa, recebimento, etc.

A implementação de programas da auditoria ambiental associados à avaliação do desempenho do SGA permite, para além do cumprimento um dos requisitos do sistema:

- identificar e registrar as conformidades e não conformidades com a legislação com regulamentações e normas, e com a política ambiental da organização;
- fornecer à gestão de topo informações do desempenho ambiental da organização, evitando surpresas;
- promover e melhorar o processo de conscientização ambiental dos empregados;
- facilitar o intercâmbio de informações entre as unidades operacionais da organização;
- melhorar a imagem da organização junto das partes interessadas, e principalmente, na formação de opinião sobre a organização.

A atividade de auditoria ambiental baseia-se em três elementos fundamentais: (a) coleta de dados e informações existentes na empresa; (b) avaliação dos dados coletados, apoiando-se na experiência e em padrões técnicos; e (c) relato das averiguações, incluindo conclusões e recomendações.

Como um instrumento de avaliação permanente, começou a ganhar destaque e logo se mostrou uma ferramenta que possibilita um “retrato” instantâneo do processo produtivo. Com a auditoria ambiental, passa a ser possível identificar os pontos “fracos”, aqueles passíveis de falhas freqüentes, e pontos “fortes”, nos quais não se registram problemas na maioria das análises.

Como parte integrante da auditoria ambiental, distinguem-se:

- a) auditor: pessoa qualificada para planejar e conduzir a auditoria ambiental de acordo com normas aplicáveis;
- b) cliente: pessoa ou organização (empresa, órgão regulamentador, etc.) que requisita a auditoria;
- c) auditado: empresa a ser auditada ou a pessoa responsável pela unidade/atividade a ser auditada.

E as características básicas necessárias à condução eficaz de auditorias ambientais, segundo a Associação Brasileira de Controle da Qualidade, podem ser citados os seguintes pontos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONTROLE DA QUALIDADE, s.d., *apud* CONSONI, 2001):

- a) legitimidade: as auditorias internas devem ser autorizadas e apoiadas pela alta direção da organização;
- b) planejamento/programação: devem ser programadas com antecedência, sendo realizadas com o conhecimento prévio e presença das pessoas responsáveis pela atividade auditada;
- c) método consistente: ter método e objetivo definidos;
- d) utilização de pessoal qualificado: conduzidas por técnico experiente e bem treinado;
- e) franqueza: os fatos devem ser comunicados de maneira franca, com discussão dos pontos deficientes;
- f) retroalimentação: a melhoria contínua do sistema, em médio e longo prazos, apóia-se na análise apropriada dos resultados e recomendações, e no cumprimento de ações corretivas.

2.5.6 Aspectos e impactos ambientais

Segundo Moura (2002, p. 86), “Aspectos Ambientais são todos os elementos das atividades de uma organização (processos), seus produtos ou serviços que podem interagir com o meio ambiente”.

Continuando, “Impactos Ambientais são quaisquer mudanças no meio ambiente que ocorrem como resultado das atividades de uma organização – idéia de efeito indesejável”.

A identificação dos aspectos e impactos ambientais é importante para a realização da Avaliação do Desempenho Ambiental (ADA) da organização. O projeto da norma ISO 14031 – Avaliação do Desempenho Ambiental – Diretrizes Gerais define desempenho ambiental como sendo “[...]o conjunto de resultados alcançados com a gestão dos aspectos ambientais da organização”.

Lerípio (2001) definiu um modelo de gestão denominado GAIA (Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais) como sendo um conjunto de instrumentos e ferramentas

gerenciais com foco no desempenho ambiental na melhoria dos processos produtivos da organização.

Segundo Kuhre (1998), a Avaliação do Desempenho Ambiental refere-se a um método para medir os resultados do gerenciamento dos aspectos ambientais dos produtos, serviços e atividades de uma organização baseando-se no princípio de que “o que é medido é gerenciado”. Apesar de muitas organizações terem boas intenções, a não avaliação continuamente destas medições pode levar a sérios prejuízos.

Neste ponto, a elaboração de uma lista com todos os aspectos ambientais identificados e associados a impactos é importante, com o propósito de fornecer subsídios à realização de prioridades à solução ou mitigação desses impactos.

No Quadro 6, a seguir, estão listados alguns aspectos e impactos que são comumente analisados referente a RSU, quando se elabora um “Estudo de Impactos Ambientais” e um “Relatório de Impactos sobre o Meio Ambiente”, conhecidos pela sigla EIA-RIMA, dentro de um processo de licenciamento, que será analisado posteriormente:

Quadro 6: Aspectos e Impactos Ambientais dos RSU

ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTOS AMBIENTAIS
Água	Contaminação do lençol freático Biota aquática Geração de lixiviados
Solo	Contaminação do solo Erosão Queda da produção agropecuária no entorno
Ar	Odores Qualidade do ar Emissão de material particulado
Entorno	Presença de catadores Saúde da população

Fonte: o autor

Se uma organização exercer atividade poluidora, ela precisa passar pelo processo de licenciamento junto aos órgãos ambientais. Também é necessário verificar frequentemente se os compromissos assumidos no EIA-RIMA (medidas mitigadoras, etc.) estão sendo observados.

As avaliações de impactos ambientais permitem às partes interessadas (organizações, comunidades, governo, etc.) uma visão ampla de todas as influências positivas e negativas que o empreendimento pode causar ao meio ambiente, ao meio social e à sua vizinhança (CAMPOS, 2001).

2.5.7 Objetivos e metas

Segundo Moura (2002), objetivos ambientais são as metas globais de desempenho, originárias da política ambiental e da avaliação de efeitos e impactos significativos, que uma organização estabelece para si própria. Sempre que possível, devem ser quantificados. Já metas ambientais são os requisitos detalhados de desempenho (mensuráveis), aplicados a uma organização ou parte dela, que se originam dos objetivos ambientais e que necessitam ser implementadas de modo a atingir aqueles objetivos.

Vale salientar que os objetivos e metas devem ser previstos sempre como coisas “alcançáveis” e não impossíveis de serem atingidas, ouvindo sempre que possível a opinião das pessoas que fazem parte do sistema, tendo assim um fator de motivação e de comprometimento para o cumprimento das metas.

A quantificação das metas é importante tanto para remover a subjetividade quanto para o cumprimento. A importância da correta identificação de indicadores de desempenho ambiental levará à garantia de que a meta será cumprida.

A definição de objetivos e metas é o resultado da correta identificação e priorização dos impactos ambientais, facilitados com auxílio de um “fluxograma de processo”, indicando como o produto caminha ao longo da atividade.

O Quadro 7, a seguir, apresenta alguns exemplos de objetivos e metas relacionados aos resíduos sólidos urbanos (RSU).

Quadro 7: Exemplos de objetivos e metas para RSU

OBJETIVOS	METAS
Aumentar área de abrangência	Recolher 100 % dos RSU na região urbana, dentro de um prazo de quatro meses
Reduzir resíduos sólidos	Implantar o sistema de coleta seletiva dentro de quatro meses
Utilizar sistema de compostagem	Implantar compostagem de resíduos orgânicos em um prazo de seis meses
Melhorar a qualidade das águas subterrâneas no aterro sanitário	Utilizar sistema de impermeabilização, drenando em 100% o percolado do sistema para ser tratado em lagoas de estabilização
Implantar a Educação Ambiental	Ministrar palestras e visitas ao sistema, de modo a esclarecer a população sobre a importância do aterro (todo o ano)

Fonte: o autor

2.5.8 Vantagens da avaliação de desempenho ambiental

A utilização da Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) traz inúmeras vantagens para a organização que venha a implantar esse processo. Segundo a ISO/FDIS 14031 (1998), é uma ferramenta pretendida para uso em uma base contínua para avaliar e identificar tendências em seu desempenho ambiental com o passar do tempo. E pode ser usada por organizações que têm ou não um sistema de gerenciamento ambiental.

Para melhor avaliar o desempenho ambiental de uma organização, Cunha (2001) sugere uma divisão em três áreas de atuação: sistema de gerenciamento, sistema operacional e o meio ambiente.

- **Sistema de gerenciamento**

O sistema de gerenciamento inclui todas as atividades e procedimentos envolvidos no planejamento, no controle e na verificação do desempenho ambiental em toda a organização.

Para Tibor e Feldman (1996), a avaliação do sistema de gerenciamento pode também gerar indicadores de desempenho ambientais que descrevem os pontos fortes e fracos da organização. Para Reis (1996), as categorias são divididas em: conformidade que mede a maneira com que a organização vem atuando no sentido em que seus sistemas de

gerenciamento e de operação estejam de acordo com seus objetivos e metas, para que haja uma minimização de ocorrência de não conformidade; desenvolvimento e implementação de sistemas que medem o desempenho do sistema de gerenciamento necessário ao alcance dos objetivos ambientais, para que haja um melhoramento contínuo; integração dentro das funções gerais da administração que mede a integração das funções do sistema de gerenciamento ambiental com as funções gerais da administração.

- **Sistema operacional**

Segundo Tibor e Feldman (1996), o sistema operacional inclui o projeto físico e a operação das fábricas, dos equipamentos e, dos fluxos de massa e energia requeridas para a geração de produtos, processos e/ou serviços. O sistema operacional deve considerar as ligações entre unidades industriais, instalações e atividades.

No caso dos resíduos sólidos urbanos, ele envolve todo o processo, desde a coleta, até o transporte, possíveis formas de reciclagem e tratamento final dos resíduos.

- **Meio ambiente**

Segundo Reis (1996), o meio ambiente inclui toda a natureza e a humanidade, que são ou podem vir a ser afetadas pelos efeitos dos sistemas de gerenciamento e operação da organização.

Segundo Kuhre (1998), as condições do solo, do ar, da água e da vida selvagem como resultado da operação da organização representam as condições do meio ambiente. Estas condições estão ligadas pelos sistemas de gerenciamento e sistemas operacionais da organização.

Ainda segundo Kuhre (1998), as condições do meio ambiente devem ser analisadas de uma perspectiva local, regional e global. Há várias maneiras para que se possa organizar o meio ambiente em categorias para serem analisadas, tais como: impacto ecológico e impacto de saúde humana; ar, água, solo, recurso natural e formas de vida; ecossistema terrestre e aquático.

O impacto ecológico e o impacto na saúde humana pelo sistema de tratamento dado aos RSU são relevantes, porque afetam diretamente o ambiente físico, bem como toda a biota envolvida.

Para se poder fazer uma avaliação de desempenho ambiental, é necessário o uso de indicadores de desempenho ambientais apropriados.

2.5.9 Indicadores ambientais

Para Merico (1997), a palavra indicador é proveniente do latim *indicare*, e seu significado é destacar, anunciar, tornar público, estimar. Portanto, os indicadores transmitem informações que nos esclarecem uma série de fenômenos que não são imediatamente observáveis. Tem como objetivo simplificar, quantificar, analisar e comunicar. Assim, fenômenos complexos quantitativos são tornados compreensíveis por vários segmentos da sociedade, através dos indicadores.

Normalmente, os indicadores são descritivos e normativos. Os indicadores descritivos refletem as condições reais, como o estado do meio ambiente ou a pressão sobre ele. Os indicadores normativos medem ou comparam as distâncias entre as condições reais e as de referência.

Pode-se dizer que indicadores são maneiras de representar a quantificação ou um instrumento para atender à necessidade de quantificação das características de produtos e processos em uma determinada época na organização (CUNHA, 2001).

Os executores das atividades, geralmente são as pessoas mais indicadas para escolher os indicadores, pois são eles que conhecem a fundo os métodos de execução, os pontos críticos, o que mais incomoda e os benefícios da referida atividade.

O uso de indicadores facilita o processo produtivo de uma organização, pois permite a comparação, através de um relato histórico, indicando a evolução das medições de determinados parâmetros utilizados. Registra, também, a continuidade da ação do processo produtivo, fazendo um paralelo entre antes e depois da implantação das medidas dos indicadores da qualidade.

Além disso, o uso de indicadores torna acessível o planejamento e o controle da qualidade, pelo estabelecimento de padrões e pela apuração de desvios ocorridos com os indicadores.

Os indicadores ambientais são guias que indicam a quantificação da qualidade ambiental do processo produtivo de uma organização em uma determinada época.

Para Manteiga (apud CUNHA, 2001), os Sistemas de Indicadores Ambientais devem apresentar um significado bem mais amplo do que o associado a cada um dos indicadores, uma vez que cada indicador está relacionado a um problema ambiental em particular. Por outro lado, Sistemas de Indicadores Ambientais respondem a um interesse social genérico e de totalidade, como por exemplo, a sustentabilidade do desenvolvimento.

Melo (1996) salienta a grande diferença entre indicadores e índices. Para ele, os indicadores são variáveis ou parâmetros, medidos direta ou indiretamente, que representam, de forma significativa, o sistema ou fenômeno em estudo, enquanto os índices são construídos pela composição ou agregação de um ou mais indicadores, mediante diversos tipos de formulações matemáticas ou regras heurísticas, em um resultado único. Pressupõem sempre a padronização em face de uma escala convencional.

A transformação de indicadores em índices, cujos valores podem variar entre zero e um, mostra que valores mais elevados indicam melhores condições. A obtenção de um índice a partir de um indicador requer:

- escolher o pior e o melhor valor possíveis do indicador (estes valores podem representar tanto os limites teóricos para o indicador como o intervalo de variação em que se espera que este deva recair para todos os efeitos práticos);
- com base no valor observado para o indicador e nos limites estabelecidos para ele, obter o índice através da fórmula:

$$\text{Índice} = (\text{valor observado para o indicador} - \text{pior valor}) / (\text{melhor valor} - \text{pior valor})$$

Esta expressão garante que o índice permaneça sempre entre zero e um (pelo menos enquanto o valor observado pelo indicador continuar dentro dos limites estabelecidos). Assim, quanto mais o valor observado se aproximar do valor delimitado como melhor, mais o índice tenderá para o valor um (melhor situação). Na situação oposta, quando o valor observado se aproximar do pior valor, o índice tenderá a zero (pior situação).

Entretanto, o processo de transformação leva em conta somente os extremos. A interpolação pelo processo de Newton (anexo D) resulta em uma melhor aproximação dos valores encontrados para os polinômios.

2.5.9.1 Tipos de indicadores ambientais para ADA (Avaliação do Desempenho Ambiental)

Os indicadores ambientais, segundo Tibor e Feldman, Reis e Kuhre (apud CUNHA, 2001), podem ser divididos de várias formas, conforme Quadro 8.

Quadro 8: Tipos de Indicadores Ambientais

Tipo de Indicador	Característica
Absoluto	Informa os dados básicos sem análise ou interpretação (kg de resíduo sólido)
Relativo	Compara com outros parâmetros (kg de material orgânico por tonelada de resíduo)
Indexado	Utiliza bases científicas (quantidade de gás metano em função da composição do lixo)
Agregado	Dados e informações do mesmo tipo, mas de fontes diferentes (toneladas de RSU gerados por diferentes classes sociais)
Ponderado	Importância relativa de um indicador em relação a outro (qualidade de água em função da quantidade de percolato gerado)

Fonte: Adaptado de Cunha (2001)

Os indicadores para ADA (Avaliação do Desempenho Ambiental) são utilizados pelas organizações como um meio de apresentar dados quantitativos ou qualitativos, ou informações de uma forma mais compreensível e útil. Eles ajudam a converter dados selecionados em informações precisas quanto ao processo ambiental, através do desempenho do gerenciamento ambiental da organização, do desempenho ambiental das operações da organização ou da condição ambiental (ISO/FDIS 14031, 1998).

Segundo Kuhre (1998), os indicadores ambientais deverão ser apropriados e informar os aspectos mais importantes da organização, tais como: impactos e efeitos. Por isso, devem ser somente usados indicadores ambientais que diretamente ou indiretamente medem esses aspectos. Os aspectos mais importantes ou significativos devem ser usados para ajudar a selecionar indicadores apropriados.

O processo de avaliação e medição dos impactos ambientais é complexo, e correlações são difíceis de identificar. À exceção das condições locais, pode ser possível isolar o impacto da organização sobre o meio ambiente ou pelo menos identificar uma correlação razoável. Por exemplo, se a organização é a única a eliminar uma substância em um corpo d'água local, pode ser possível verificar, ao passar do tempo, alterações na vida aquática, no grau de acidificação da água, entre outros. Com o passar do tempo, essa informação pode ser útil para o gerenciamento de tomada de decisões sobre emissões no corpo d'água (TIBOR e FELDMAN, 1996).

De acordo com a ISO/DIS 14031 (1998), os indicadores de condições ambientais proporcionam a uma organização num contexto ambiental: identificação e gerenciamento de seus aspectos ambientais significativos; avaliação da conveniência de critérios de desempenho ambiental; seleção de indicadores de desempenho do gerenciamento e de indicadores de

desempenho operacional; estabelecimento de uma linha básica para medir as mudanças ambientais; determinação das mudanças ambientais com o passar do tempo em relação a um programa ambiental contínuo; investigação de possíveis relações entre condição ambiental e as atividades, os produtos e serviços da organização.

2.5.10 As normas da série ISO 14000

As normas, em função do assunto a que se referem, foram divididas em grupos, de acordo com o Quadro 9.

Quadro 9: Normas e sua Aplicação

Assunto	Escopo das normas
Sistema de Gestão Ambiental	Avaliação da organização
Auditoria Ambiental	Avaliação da organização
Rotulagem Ambiental	Avaliação do produto
Avaliação do Desempenho Ambiental	Avaliação da organização
Avaliação do Ciclo de Vida	Avaliação do produto
Termos e Definições	Homogeneização dos termos
Aspectos Ambientais em Normas de Produto	Avaliação do produto

Fonte: Adaptado de Moura (2002)

O Sistema de Gestão Ambiental pode tornar-se um importante aliado dos empreendimentos, de modo que permite criar mecanismos de controle dos principais aspectos e impactos ambientais. Com a introdução das séries de normas ISO 14000, houve uma maior relação entre a organização e o meio ambiente através do SGA.

Como uma maneira prática de apresentar as várias normas da série, o Anexo E mostra a lista de normas já publicadas e a serem publicadas.

2.5.11 Considerações sobre o SGA

A qualidade de produtos e serviços é primordial. Quanto mais produtos e serviços forem oferecidos, maior será a qualidade, porque a concorrência se encarregará de tirar os incompetentes do mercado.

Os mercados totalmente livres não existem. Por mais liberal que seja a política econômica de um país, a legislação sempre procurará proteger as empresas nacionais.

Entretanto, com a globalização, existe uma facilidade de circulação de produtos entre os países.

A globalização trouxe para as organizações novas perspectivas de ganhos, conquistas de novos mercados e novos clientes. Entretanto, novas exigências devem ser satisfeitas, para sobrevivência dentro de um mercado cada vez mais competitivo. Uma destas premissas é a relação da organização com o meio ambiente. Entre estas novas tendências, surge a ISO 14000 como ferramenta que permite uma relação positiva da empresa com o meio ambiente através de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Existem vários benefícios obtidos com a implantação da ISO 14001, muito embora na implantação haja um gasto com treinamentos, medições, possíveis consultorias, etc., mas o ganho econômico alcançado imediatamente com a certificação compensa plenamente, pois a redução de desperdícios com o gerenciamento de resíduos, o uso racional dos recursos e o gerenciamento de energia gera uma receita inúmeras vezes superior ao investimento.

A norma ISO 14001 prevê que “[...] a organização deve estabelecer e manter objetivos e metas ambientais documentados, em cada nível e função pertinentes da organização”. Os objetivos são sempre metas de alto nível (gerais), enquanto as metas refletem exigências mais objetivas, mensuráveis sempre que possível.

A implementação do SGA em muito ajudará a organização a alcançar o desafio de comprovar publicamente o comprometimento com o meio ambiente, facilitando a identificação e a remoção das causas dos problemas de aspectos e impactos ambientais.

A melhoria contínua do SGA será facilitada com a implantação de uma auditoria ambiental, que será o instrumento piloto, sistemático e documentado de verificação.

Conforme preconiza a Avaliação do Desempenho Ambiental, o que é medido é gerenciado. Assim, com a utilização de uma ferramenta que traduz a versão e a estratégia da organização, em um conjunto coerente de objetivos, indicadores, metas dentro das perspectivas escolhidas para o sistema de resíduos sólidos urbanos, observa-se como estas perspectivas estão diretamente relacionadas com a estratégia da organização e seu inter-relacionamento.

Para que melhor se possa avaliar estes objetivos, indicadores, metas, o próximo tópico apresenta uma ferramenta ainda pouco utilizada, a Lógica *Fuzzy*, cuja aplicação no projeto será mais um item inovador, permitindo que as informações imprecisas expressas por termos lingüísticos possam ser traduzidas em termos matemáticos e, depois de processadas, facilitar em muito a conclusão do decisor sobre a viabilidade do empreendimento.

2.6 Lógica *Fuzzy*

Operadores humanos são capazes de controlar processos bastante complexos, baseados em informações imprecisas ou aproximadas a respeito desses processos. A estratégia adotada pelos operadores humanos é também de natureza imprecisa e geralmente possível de ser expressa em termos lingüísticos. A Lógica *Fuzzy* pode ser utilizada para traduzir em termos matemáticos a informação imprecisa expressa por um conjunto de regras lingüísticas.

A distância que existe entre a capacidade criativa dos seres humanos, raciocinando de forma incerta, imprecisa, difusa e nebulosa, e a capacidade de solução que os computadores proporcionam, movidos por raciocínio preciso e binário, leva à conclusão de que, se fosse eliminada esta restrição, as máquinas poderiam pensar como os seres humanos, isto é, seriam inteligentes.

A aplicação do Sistema de Gestão Ambiental em muito se simplificará com a implementação de um controle inteligente, através da Lógica *Fuzzy*, que vai contemplar aspectos imprecisos no raciocínio lógico utilizado pelos seres humanos.

No sentido de procurar diminuir esta distância, neste tópico são apresentados os conceitos da Lógica *Fuzzy*, também chamada de lógica difusa, nebulosa. O objetivo da Lógica *Fuzzy* é procurar fazer com que as decisões tomadas pela máquina se aproximem cada vez mais das decisões humanas, principalmente ao trabalhar com grande variedade de informações vagas e incertas. Para facilitar a aplicação da Lógica *Fuzzy*, será utilizado o software *Fuzzy TECH 5.54d Professional Edition*.

2.6.1 Origem da Lógica *Fuzzy*

Aristóteles, filósofo grego (384 – 322 a.C.), foi o fundador da ciência da lógica e estabeleceu um conjunto de regras rígidas para que conclusões pudessem ser aceitas, logicamente válidas. O emprego da lógica de Aristóteles levava a uma linha de raciocínio lógico baseado em premissas e conclusões. Desde então, a lógica ocidental, assim chamada, tem sido binária, isto é, uma declaração falsa ou verdadeira, não podendo ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeira e parcialmente falsa.

A Lógica *Fuzzy* viola estas suposições. O conceito de dualidade, estabelecendo que algo pode e deve coexistir com o seu oposto, faz a Lógica *Fuzzy* parecer natural, até mesmo

inevitável. A lógica de Aristóteles trata com valores "verdade" das afirmações, classificando-as como verdadeiras ou falsas. Não obstante, muitas das experiências humanas não podem ser classificadas simplesmente como verdadeiras ou falsas, sim ou não, branco ou preto. Um sim ou um não como resposta a estas questões é, na maioria das vezes, incompleto.

Na verdade, entre a certeza de ser e a certeza de não ser, existem infinitos graus de incerteza. Esta imperfeição intrínseca à informação representada numa linguagem natural tem sido tratada matematicamente no passado com o uso da teoria das probabilidades. O conceito de conjunto *Fuzzy*, também chamada de Lógica Difusa, foi introduzido em 1965 por Lotfi A. Zadeh na Universidade da Califórnia, Bekeley (YOSHIZAWA et al., 2000).

A ele é atribuído o reconhecimento como grande colaborador do Controle Moderno. Em meados da década de 60, Zadeh observou que os recursos tecnológicos disponíveis eram incapazes de automatizar as atividades relacionadas a problemas de natureza industrial, biológica ou química que compreendessem situações ambíguas, não passíveis de processamento através da lógica computacional fundamentada na lógica booleana. Procurando solucionar esses problemas, o prof. Zadeh publicou em 1965 um artigo resumindo os conceitos dos conjuntos *Fuzzy*, revolucionando o assunto com a criação de sistemas *Fuzzy* (ZADEH, 1997).

Há um considerável descompasso entre o mundo real e nossa visão bivalente dele, a começar pelo fato de que o mundo real contém um número infinito de sombreamento e graus de cinza entre as cores preta e branca, ou, em decisões judiciais, a situação é o fato de o júri e o juiz terem que apreciar quão culpado é o acusado. Parece que, no mundo real, tudo é uma questão de ponto de vista ou de graduação, ou seja, tudo depende.

O mundo real não é bivalente, é na realidade multivalente, com um infinito espectro de opções em vez de duas. Em termos técnicos, o mundo real é analógico, não digital, com muitos tons de cinza entre o branco e o preto. Verdade absoluta e precisão existem apenas como "casos extremos". Assim, o objetivo da Lógica *Fuzzy* é o de capturar esses tons de cinza e graus de verdade (SHAW e SIMÕES, 1999).

A Lógica *Fuzzy* (Lógica Nebulosa) é a que suporta os modos de raciocínio que são aproximados ao invés de exatos. Controle *fuzzy* e modelagem de sistemas são técnicas para o tratamento de informações qualitativas de uma forma rigorosa. Derivada do conceito de conjuntos *fuzzy*, a Lógica *Fuzzy* constitui a base para o desenvolvimento de métodos e algoritmos de modelagem e controle de processos, permitindo a redução da complexidade de projeto e implementação, tornando-se a solução para problemas de controle até então

intratáveis por técnicas clássicas. Ela difere dos sistemas lógicos em suas características e seus detalhes.

A Lógica *Fuzzy* é uma técnica que incorpora a forma humana de pensar em um sistema de controle. Um controlador *fuzzy* típico pode ser projetado para comportar-se conforme o raciocínio dedutivo, isto é, o processo que as pessoas utilizam para inferir conclusões baseadas em informações que elas já conhecem. Por exemplo, operadores humanos podem controlar processos industriais e plantas com características não-lineares e até com comportamento dinâmico pouco conhecido, através de experiência e inferência de relações entre variáveis do processo. A Lógica *Fuzzy* pode capturar esse conhecimento em um controlador *fuzzy*, possibilitando a implementação de um controlador computacional com desempenho equivalente ao do operador humano (SHAW & SIMÕES, 1999).

Na Lógica *Fuzzy*, o valor-verdade de uma proposição pode ser um subconjunto *fuzzy* de qualquer conjunto parcialmente ordenado, ao contrário dos sistemas lógicos binários, onde o valor-verdade só pode assumir dois valores: verdadeiro (1) ou falso (0). Nos sistemas lógicos multi valores, o valor verdade de uma proposição pode ser um elemento de um conjunto finito, num intervalo, ou uma álgebra booleana. Na lógica nebulosa, os valores-verdade são expressos linguisticamente (verdade, muito verdade, não verdade, falso, muito falso), e cada termo lingüístico é interpretado como um subconjunto *fuzzy* do intervalo unitário.

Outras características da Lógica *Fuzzy* podem ser sumarizadas como segue: nos sistemas lógicos binários, os predicados são exatos (par, maior que), ao passo que na Lógica *Fuzzy* os predicados são nebulosos (alto, baixo). Nos sistemas lógicos clássicos, o modificador mais utilizado é a negação, enquanto na Lógica *Fuzzy* uma variedade de modificadores de predicados é possível (muito, mais ou menos). Estes modificadores são essenciais na geração de termos lingüísticos, tais como: muito alto, mais ou menos perto, etc.).

Na lógica clássica, existem somente os quantificadores existenciais e universais. A Lógica *Fuzzy* admite, em adição, uma ampla variedade de quantificadores como pouco, vários, usualmente, freqüentemente, em torno de cinco, etc.

Nas teorias de controle clássica e moderna, o primeiro passo para implementar o controle de um processo é derivar o modelo matemático que descreve o processo. O procedimento requer que se conheça detalhadamente o processo a ser controlado, o que nem sempre é factível se o processo é muito complicado. As teorias de controle existentes se aplicam a uma grande variedade de sistemas, nos quais o processo é bem definido. Várias técnicas, tais como para controle linear multivariável, estimação de estado a partir de medidas

ruidosas, controle ótimo, sistemas lineares estocásticos, além de certas classes de problemas não-lineares determinísticos, foram desenvolvidas e aplicadas com sucesso em um grande número de problemas bem postulados. Entretanto, todas estas técnicas não são capazes de resolver problemas reais cuja modelagem matemática é impraticável (PEREIRA e DOTTO, 1999).

Por exemplo, em diversas situações, um volume considerável de informações essenciais só é conhecido a priori de forma qualitativa. Do mesmo modo, critérios de desempenho só estão disponíveis em termos lingüísticos. Este panorama leva a imprecisões e falta de exatidão, que inviabilizam a maioria das teorias utilizadas até agora (PEREIRA e DOTTO, 1999).

A modelagem e o controle *fuzzy* consideram o modo como a falta de exatidão e a incerteza são descritas e, fazendo isso, tornam-se suficientemente poderosas para manipular de maneira conveniente o conhecimento. A sua utilização em sistemas de controle de processos em tempo real em computadores é das mais convenientes, dado que, geralmente, não envolvem problema computacional sério. O controle *fuzzy* trata do relacionamento entre entradas e saídas, agregando vários parâmetros de processo e de controle.

A lógica nebulosa pode ser aceita como a melhor ferramenta para modelar o raciocínio humano, que é aproximado e parcial em sua essência. A teoria dos conjuntos nebulosos e a lógica nebulosa objetivam modelar os modos de representação e raciocínio imprecisos que têm um papel essencial na tomada de decisões racionais em ambientes de imprecisão e incerteza. A diversificação de tecnologias advinda da lógica nebulosa tem também permitido sua aplicação em diversas áreas de conhecimento. O processo pode ser controlado a partir de um conjunto de regras nebulosas do tipo "Se-Então", capaz de coordenar conhecimentos incompletos, incertos ou mesmo conflitantes.

A probabilidade, no contexto da lógica clássica, é um valor numérico ou um intervalo. Na lógica nebulosa, existe a opção adicional de se empregarem probabilidades lingüísticas (provável, altamente provável, improvável), interpretadas como números *fuzzy* e manipuladas pela aritmética *fuzzy*. Também em contraste com a lógica modal clássica, o conceito de possibilidade é interpretado utilizando-se subconjuntos *fuzzy* no universo dos reais.

Contudo, a Lógica *Fuzzy*, com base na teoria dos Conjuntos Nebulosos (*Fuzzy Set*), tem se mostrado mais adequada para tratar imperfeições da informação do que a teoria das probabilidades. De forma mais objetiva e preliminar, podemos definir Lógica *Fuzzy* como sendo uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em uma

linguagem natural, e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação pelos computadores de hoje em dia.

Considerando, por exemplo, a seguinte afirmativa: “Se o tempo de um investimento é longo, e o sistema financeiro tem sido não muito estável, então a taxa de risco do investimento é muito alta”. Os termos "longo", "não muito estável" e "muito alta" trazem consigo informações vagas. A extração (representação) destas informações vagas se dá através do uso de conjuntos nebulosos (*decision making*).

A Lógica *Fuzzy* ou Lógica Nebulosa também pode ser definida como a lógica que suporta os modos de raciocínio que são aproximados, ao invés de exatos, como estamos naturalmente acostumados a trabalhar. Ela está baseada na teoria dos conjuntos nebulosos e difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e seus detalhes. Nesta lógica, o raciocínio exato corresponde a um caso-limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição nebulosa.

2.6.2 Controladores *fuzzy*

A Lógica *Fuzzy* pode ser utilizada para a implementação de controladores nebulosos, aplicados nos mais variados tipos de processo. A utilização de regras nebulosas e variáveis lingüísticas confere ao sistema de controle várias vantagens, incluindo (SHAW e SIMÕES, 1999):

- simplificação do modelo do processo;
- melhor tratamento das imprecisões inerentes aos sensores utilizados;
- facilidade na especificação das regras de controle, em linguagem próxima à natural;
- satisfação de múltiplos objetivos de controle;
- facilidade de incorporação do conhecimento de especialistas humanos.

Entretanto, tanto as leituras de sensores quanto os sinais esperados pelos atuadores do sistema de controle não são nebulosos, são necessários elementos adicionais entre o controlador nebuloso e o processo a ser controlado. Estes elementos são denominados *fuzzificador* e *defuzzificador*, e estão posicionados na entrada e na saída do sistema de controle, respectivamente. Estes elementos são responsáveis por transformar as medidas

- a Lógica *Fuzzy* está baseada em palavras e em números, ou seja, os valores-verdade podem ser expressos lingüisticamente. Por exemplo: quente, muito frio, verdade, longe, perto, rápido, vagaroso, médio, etc.;
- possui vários modificadores de predicado, como por exemplo: muito, mais ou menos, pouco, bastante, médio, etc.;
- possui também um amplo conjunto de quantificadores, como por exemplo: poucos, vários, em torno de, usualmente;
- faz uso das probabilidades lingüísticas, como por exemplo: provável, improvável, que são interpretadas como números *fuzzy* e manipuladas pela sua aritmética;
- manuseia todos os valores entre 0 e 1, tomando estes um limite, apenas.

2.6.4 Vantagens e perspectivas

Como vantagens e perspectivas do uso da Lógica *Fuzzy*, podemos citar:

Vantagens:

- requer poucas regras, valores e decisões;
- mais variáveis observáveis podem ser valoradas;
- o uso de variáveis lingüísticas nos deixa mais perto do pensamento humano;
- simplifica a solução de problemas;
- proporciona um rápido protótipo dos sistemas;
- simplifica a aquisição da base do conhecimento.

2.6.5 Variável lingüística

Uma variável lingüística *fuzzy* tem o valor expresso qualitativamente por um termo lingüístico (que fornece um conceito à variável) e quantitativamente por uma função de pertinência. A variável lingüística é caracterizada por $\{n, T, X, m(n)\}$, onde n é o nome da variável (ph), T é o conjunto de termos lingüísticos de n (baixo, neutro, elevado), X é o domínio (Universo) de valores de n sobre o qual o significado do termo lingüístico é determinado (o ph pode estar, por exemplo, entre 4,0 e 6,5), e $m(n)$ é uma função semântica

que assinala para cada termo lingüístico $n \in T$ o seu significado, que é um conjunto *fuzzy* em X (ou seja, $m : T \rightarrow (X)$, onde (X) é o espaço dos conjuntos *fuzzy*).

A Figura 5 mostra um exemplo de variável lingüística, referente à composição do pH em aterros sanitários. Cada termo lingüístico tem a ele associado um conjunto *fuzzy* $m(n)$ que o caracteriza.

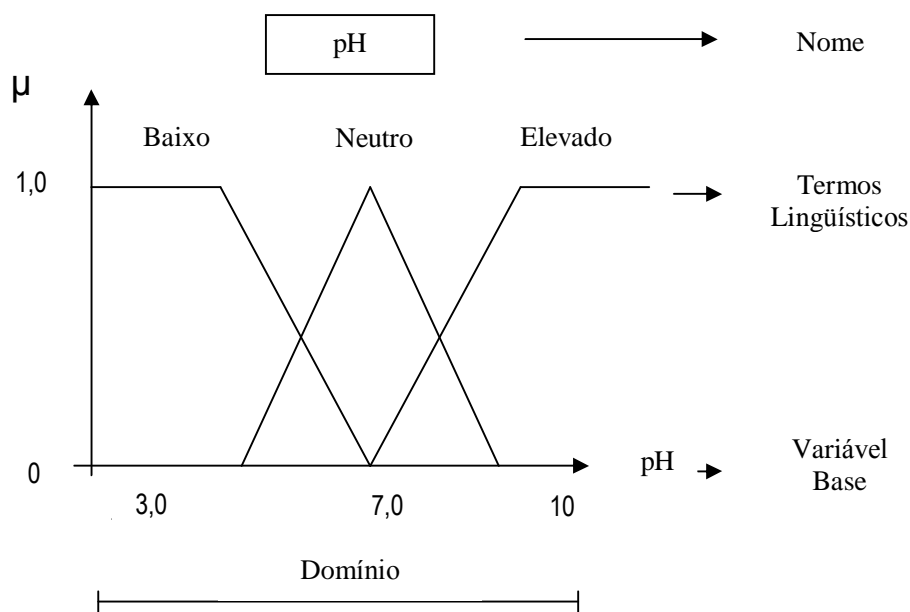


Figura 5: Exemplo de variável lingüística

Fonte: o autor

Existem várias formas de representar as funções *fuzzy*, sendo a mais comum de funções consecutivas a triangular, embora curvas trapezoidais, além de outras formas também, são usadas, mas a forma geralmente é menos importante do que o número de curvas e o local onde são postas. De três a sete curvas são geralmente apropriadas para cobrir a faixa requerida de valores de entrada (o "universo do discurso" no jargão *fuzzy*). As funções *fuzzy* mais comuns e as propriedades dos conjuntos *fuzzy* são apresentadas no Anexo F.

2.6.6 Regras *fuzzy*

A regra *fuzzy* é uma unidade capaz de capturar algum conhecimento específico, e um conjunto de regras é capaz de descrever um sistema em suas várias possibilidades. Cada regra *fuzzy*, da mesma forma que uma afirmação clássica, é composta por uma parte antecedente (a parte Se) e uma parte conseqüente (a parte Então), resultando em uma estrutura do tipo:

Se {antecedentes} Então {conseqüentes}

Os antecedentes descrevem uma condição (premissas), enquanto a parte conseqüente descreve uma conclusão ou uma ação que pode ser esboçada quando as premissas se verificam. Antecedentes definem uma região *fuzzy* no espaço das variáveis de entrada do sistema. Já os conseqüentes descrevem uma região no espaço das variáveis de saída do sistema, qual seja, a sua conclusão/ação.

Uma vez construído o conjunto de regras *fuzzy*, necessitaremos de “regras de inferência” para extrair dela a resposta final. As regras são processadas em paralelo, ou seja, todas as regras (circunstâncias) são consideradas ao mesmo tempo, e ao final obtemos uma resposta que pode ser tanto um valor numérico clássico, quanto um conjunto *fuzzy* ou um funcional, a depender do tipo de conseqüente utilizado. Às vezes, é necessário que a saída do sistema seja um número, o que é muito comum em controladores *fuzzy*, pois o sistema precisa ser re-alimentado. Nestes casos, se a saída do sistema for um conjunto *fuzzy*, então se faz necessário um processo de *defuzzificação* para se obter um número apropriado.

Usualmente, o conjunto de regras *fuzzy* tem vários antecedentes que são combinados usando operadores *fuzzy*, tais como E, OU e NÃO (apesar de novamente as definições variarem): E (em uma definição popular) simplesmente usa o peso mínimo para todos os antecedentes, enquanto OU usa os valores máximos (existe também um operador NÃO, que subtrai uma função consecutiva de 1 dando a função complementar).

Existem vários modos diferentes para definir o resultado de uma regra, mas um dos mais comuns e simples é o chamado método de conclusão "max-min", em que a saída da função consecutiva é dada pelo valor verdadeiro gerado pela premissa.

Regras podem ser resolvidas em hardware paralelo ou em software seqüencial. O resultado de todas as regras são "*defuzzificados*" para um valor conciso por um dos vários métodos; existem vários na teoria, cada qual com suas vantagens e desvantagens.

Os sistemas *fuzzy* são, em geral, o resultado de uma generalização dos sistemas clássicos, ou seja, nessa abordagem os conceitos nebulosos (vagos) são incorporados a esses sistemas. Os modelos *fuzzy* são também uma extensão do significado clássico de modelos, qual seja, uma representação das características essenciais de um sistema através da estrutura da teoria de conjuntos *fuzzy*. Uma característica central dos sistemas *fuzzy* é que eles são baseados no conceito de partição *fuzzy* das informações.

A utilização de conjuntos *fuzzy* permite uma generalização da informação, que está associada com a introdução da imprecisão, do desconhecimento dos fenômenos. Em essência, a representação da informação nos sistemas *fuzzy* procura imitar o processo de raciocínio humano, considerando conhecimentos heurísticos e cruzando informações desconectadas a priori.

2.6.7 Métodos de *defuzzificação*

A *defuzzificação* é um procedimento que nos permite interpretar a distribuição de possibilidades da saída de um modelo lingüístico *fuzzy* de forma quantitativa, ou seja, ela nos fornece um valor numérico representativo que captura o significado essencial dessa distribuição de possibilidades. Existem muitas técnicas de *defuzzificação*, e entre as mais utilizadas estão (ORTEGA, 2001):

- Método dos Máximos;
- Centro de Área;
- Método das Alturas.

O projeto de sistemas de controle *fuzzy* é baseado em métodos empíricos – basicamente uma aproximação metódica para tentativa e erro. Existem poucas regras pré-definidas no presente momento, uma vez que a tecnologia é ainda nova; o processo em geral segue os seguintes passos:

- 1º) documentam-se as especificações operacionais do sistema e entradas e saídas;
- 2º) documentam-se os conjuntos *fuzzy* para as entradas;
- 3º) documentam-se o conjunto de regras;
- 4º) determina-se o método de *defuzzificação*;
- 5º) É executado através de teste para verificação do sistema, ajustando os detalhes como requerido.

Todas as propriedades aplicáveis aos conjuntos booleanos são também aplicáveis aos conjuntos *fuzzy*, exceto as propriedades relativas ao conjunto *fuzzy* e seu complemento.

Os blocos de regras contêm as estratégias de controle de um sistema de Lógica *Fuzzy*. Cada bloco de regra limita todas as regras para o mesmo contexto. Um contexto é definido pelas mesmas regras das variáveis de entrada e de saída.

Cada operação de composição de bloco de regras gera um conjunto de resultados de pertinências em campos pré-definidos, segundo a Lógica *Fuzzy*. A seqüência de operações nesta mesma forma transforma e transporta valores de avaliações até a definição do indicador desejado.

Quando se trabalha com modelos *fuzzy* aplicados às ciências ambientais, as seguintes regras devem ser observadas (RIBEIRO, 1996):

- alternativas: um conjunto de atributos, produtos, ações, ou seja, itens que ajudem na elaboração de estratégias para uma determinada tarefa, por exemplo, a escolha de um local;
- atributos: cada alternativa é composta por um conjunto de características, e estas devem ser separadas em grupos para posterior avaliação;
- objetivos: os conjuntos de atributos selecionados pelo interessado devem ser classificados de acordo com os objetivos principais;
- preferências: a relativa importância de cada atributo dentro dos objetivos deve ser listada de acordo com o seu grau de importância. Se surgem subdivisões de objetivos estes devem ser chamados de interatributos.

No âmbito da Geotecnia Ambiental, tem-se aplicado a Lógica *Fuzzy* para diversas finalidades como, por exemplo, na escolha de áreas para aterros sanitários. Nestes estudos, os resultados têm mostrado que as operações baseadas na lógica *binária* – base matemática dos SIGs (Sistema de Informação Geográfica) convencionais – apresentam uma falha de 35% na seleção de áreas potenciais para este fim, quando comparadas às análises realizadas utilizando Lógica *Fuzzy* (CHARNPRATHEEP e GANER, 1996).

2.6.8 Utilização do software *FuzzyTech*

Para utilização do software, é necessário entrar com as variáveis em valores lingüísticos e os respectivos blocos de regras. A estrutura do sistema identifica a inferência da variável *fuzzy* de entrada para as variáveis de saídas. A *fuzzificação* nas relações de entrada traduz entradas, em valores lingüísticos, análogas em valores *fuzzy*. A inferência *fuzzy* ocorre nos blocos de regras que contêm as regras lingüísticas de controle.

Os blocos de regras contêm a estratégia de controle do sistema da Lógica *Fuzzy*. Cada bloco de regra confirma todas as regras para as mesmas variáveis de entrada e de saída.

A saída destes blocos de regras são variáveis lingüísticas. A *defuzzificação* nas relações de saída se traduz em variáveis análogas. Será utilizado como Método de *Defuzzificação* o Centro de Área (CoA), também conhecido como método centro de gravidade, pois, conforme SHAW e SIMÕES (1999), é o que melhor se adapta ao estudo proposto.

2.6.9 Considerações sobre Lógica *Fuzzy*

O sistema lógico clássico é poderoso para resolver problemas especificados em termos de dois valores (binário).

O sistema lógico *fuzzy*, como extensão dos sistemas clássicos, consegue manipular problemas em que há vários estados de decisão, incluindo o binário. Além disso, o sistema *fuzzy* trata com conceitos lingüísticos (+, -, >) de uma forma semelhante à do ser humano.

A Lógica *Fuzzy* (também chamada de difusa ou nebulosa) representa uma forma inovadora de traduzir informações vagas, imprecisas e qualitativas, comuns na comunicação humana em valores numéricos. Assim, a tecnologia possibilita pelo enfoque *fuzzy* um imenso valor prático, no qual se torna possível a inclusão da experiência de operadores humanos, os quais controlam processos e plantas industriais, em controles computadorizados, tornando possível decisões em problemas complexos.

Se um operador humano for capaz de articular sua estratégia de ação como um conjunto de regras da forma SE-ENTÃO, um algoritmo passível de ser implementado em computador pode ser construído. O resultado é um sistema de inferência baseado em regras, no qual a Lógica *Fuzzy* fornece o ferramental matemático para se lidar com as tais regras lingüísticas. É importante notar que, nesse tipo de sistema, não é necessário conhecer o modelo matemático do processo, o que se constitui em uma vantagem sobre outros procedimentos em que é fundamental a descrição matemática do sistema a controlar.

A máquina e o raciocínio humano nunca estiveram tão próximos. A inteligência artificial avança fazendo evoluir as máquinas, tornando-se mais capazes e propondo soluções cada vez mais realistas a problemas antes somente possíveis ao cérebro humano. A Lógica *Fuzzy* muito tem participado deste processo.

2.7 Considerações

Neste capítulo, foram apresentados a fundamentação teórica dirigida para o gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios e sua disposição final, bem como a legislação ambiental referente ao assunto, a situação dos resíduos no Brasil, e em particular em Santa Catarina, e as medidas tomadas pelo Ministério Público catarinense, através do programa Lixo Nosso de Cada Dia.

Uma visão do Sistema de Gestão Ambiental e os benefícios obtidos com a implantação da ISO 14001 como auditoria ambiental permitirão o exame sistemático especializado de melhoria contínua no processo.

Finalizando este capítulo, foi apresentada uma introdução à Lógica *Fuzzy*, como uma ferramenta inovadora na análise da disposição final dos resíduos sólidos.

Para que as concepções teóricas de abordagem e a construção da realizada sejam praticadas, no próximo capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento da pesquisa.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

O saber, sendo essencial e existencial no homem, ocorre entre todos os povos, independente de raça ou crença, porquanto no homem o desejo do saber é inato. É na busca incessante da verdade – objetivo do conhecimento – que se assiste progressivamente à procura de interpretações ou respostas às interrogações sobre o universo (BARROS e LEHFELD, 2000).

O homem não age diretamente sobre as coisas. Sempre há um intermediário, um instrumento entre ele e seus atos. Isto também acontece quando faz ciência, quando investiga cientificamente. Sendo assim, não é possível fazer um trabalho científico sem conhecer os instrumentos. E estes se constituem em termos e conceitos que devem ser claramente distinguidos de conhecimentos a respeito das atividades cognoscitivas, que nem sempre entram na constituição da ciência, e de processos metodológicos que devem ser seguidos. A fim de chegar a resultados científicos, é preciso imbuir-se de espírito científico (CERVO e BERVIAN, 1983).

Qualquer que seja o problema, o referencial teórico ou a metodologia empregada, uma pesquisa implica o preenchimento de, no mínimo, três requisitos (LUNA, 1998):

- a existência de um problema ou questões que se deseja responder;
- a elaboração (e sua descrição) de um conjunto de passos que permitam obter a informação necessária para respondê-las;
- a indicação do grau de confiabilidade na resposta obtida.

Para definir o processo a ser empregado na pesquisa, conceitua-se metodologia como o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade. Um método é uma série de regras para tentar resolver um problema; os métodos são as técnicas ou ferramentas utilizadas (método = “*meta*” + “*hodos*”, além do caminho, seguir o caminho). Não há método “bom” ou “mau”, mas métodos adequados ou não à pesquisa que se pretende realizar (LUNA, 1998); alguns métodos são mais apropriados a pesquisas de determinada natureza, vinculados a determinada ciência, com enfoques particulares.

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados referente à classificação da pesquisa e sua realização, como os métodos de coleta e análise de dados, e o delineamento da pesquisa.

3.1 Caracterização da Pesquisa

A classificação da pesquisa desenvolvida baseia-se nas proposições de Silva e Menezes (2001), que estabelecem quatro maneiras de classificação de uma pesquisa científica: quanto à natureza, quanto à forma de abordagem, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos adotados.

Em relação à **natureza** do presente trabalho, ele pode ser classificado, segundo Silva e Menezes (2001) como **pesquisa aplicada**, pois, segundo as autoras, “[...] objetiva gerar conhecimento para aplicação prática em soluções de problemas específicos, além de envolver verdades e interesses locais. Os municípios podem diferir quanto ao método de aterro sanitário utilizado, em função de suas peculiaridades.

Em relação à **forma de abordagem** do problema, classifica-se como **qualitativa e quantitativa**, pois em algumas etapas do modelo quantifica os resultados, produzindo indicadores verificáveis através de equações matemáticas, e em outras etapas a análise foi predominantemente qualitativa.

A pesquisa qualitativa caracteriza-se por responder a questões particulares e trabalha com um nível de realidade que não pode ser totalmente quantificado. Ou seja, com motivos, crenças, valores, comportamentos e percepções individuais (DESLANDES, 2000). Difere do método quantitativo porque não emprega um instrumental estatístico como base para analisar um determinado problema. Trata-se de uma forma adequada para entender a natureza de um fenômeno, uma vez que a quantificação, em certos casos, apresenta limitações ao tentar explicitar problemas complexos (RICHARDSON, 1999).

Quanto aos **objetivos**, o presente trabalho situa-se na categoria de **pesquisa exploratória e descritiva**, pelas suas características em relação ao grau de novidade e da recente exploração do tema de forma científica. Segundo Chizzotti (1995), a pesquisa exploratória tem como objetivo, via de regra, “[...] provocar o esclarecimento de uma situação para a tomada de consciência”.

Pesquisas exploratórias envolvem levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram (ou têm) experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Possuem ainda a finalidade básica de desenvolver, esclarecer, e modificar conceitos e idéias para a formulação de abordagens posteriores. Dessa forma, este tipo de estudo visa a proporcionar um maior conhecimento para o pesquisador acerca do assunto, a fim de que este possa formular problemas mais precisos ou criar hipóteses que possam ser pesquisadas por estudos posteriores (GIL, 1991).

A **pesquisa descritiva** observa, registra, analisa e correlaciona fatos e variáveis, e procura descobrir, com a precisão possível, a freqüência com que os fenômenos ocorrem, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características (CERVO e BERVIAN, 1996). Na aplicação do modelo e na análise dos resultados, esta pesquisa se caracteriza por ser descritiva, uma vez que descreve detalhadamente as características de aplicação do modelo em um aterro sanitário, analisando os resultados obtidos em relação aos objetivos predeterminados e as relações entre as variáveis econômicas, ambientais e sociais.

Segundo a classificação proposta por Gil (1991), quanto aos **procedimentos técnicos adotados**, o presente trabalho apresentou uma **pesquisa bibliográfica**: elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e material disponibilizado na internet.

Pesquisa bibliográfica é a que se efetua na tentativa de resolver um problema ou adquirir conhecimentos (BARROS e LEHFELD, 2000). Abrange toda bibliografia já publicada em relação ao tema de estudo.

Para Gil (1991), a principal vantagem da pesquisa bibliográfica consiste no “[...] fato de permitir ao investigador a cobertura de uma ampla gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”. Para ele, embora “[...] não existam regras fixas para a realização de pesquisas bibliográficas [...], há algumas tarefas que a experiência demonstra serem importantes, tais como: exploração das fontes bibliográficas, leitura do material, elaboração de fichas, ordenação, análise das fichas e conclusões.

A **pesquisa de campo** visou a proporcionar um estudo acerca do modo como vem sendo tratado o tema da pesquisa numa realidade prática, a fim de corroborar os resultados obtidos a partir da pesquisa bibliográfica.

O modelo desenvolvido foi aplicado num aterro sanitário a fim de buscar sua validação. Este setor foi escolhido por se tratar de uma atividade potencialmente poluidora e que necessita buscar alternativas para se tornar sustentável.

A aplicação do modelo, por sua característica de ser uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente (sociedade, empresa, pessoa, comunidade, etc.), não admite visões isoladas, parceladas e estanques. Constitui-se de um tipo de pesquisa para análise de um caso individual, que se volta à coleta e ao registro de informações sobre um ou vários casos particularizados, elaborando relatórios críticos organizados e avaliados, dando margem a decisões e intervenções sobre o objeto escolhido para a investigação, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (BARROS e LEHFELD, 2000).

Por tratar-se da proposição de um novo modelo de avaliação ambiental, o método é adequado neste trabalho para investigar os detalhes de sua aplicação em um ou mais aterros sanitários, comparar os resultados, e oferecer informações que possibilitem a validação e a adequação do modelo.

3.2 Coleta dos Dados

Cervo e Bervian (1983) afirmam que há diversas formas de coleta de dados, todas com suas vantagens e desvantagens. Na decisão do uso de uma forma ou de outra, o pesquisador levará em conta a que mais vantagens oferecer, respeitados os objetivos da pesquisa. Nesta pesquisa, foram utilizados, como técnicas de coletas de dados, observação, pesquisa documental, entrevistas e pesquisa bibliográfica.

A **observação** apresenta-se como técnica relevante no processo de investigação da realidade, para detectar as dimensões(parâmetros) internas e externas utilizadas no desenvolvimento da proposta. É uma técnica de coleta de dados que utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar os fatos ou fenômenos que se deseja estudar.

A **pesquisa documental** constitui-se numa valiosa técnica de abordagem de dados quanti/qualitativos, podendo ser utilizada para complementar informações obtidas em outras fontes. Diversos tipos de documentos podem servir como fonte de informação para prover o

pesquisador com dados complementares para melhor compreensão do problema investigado. É na avaliação documental dos procedimentos adotados pela organização que se busca a adequação aos problemas ambientais, econômicos e sociais.

Segundo Godoy (1995), uma das vantagens básicas da análise documental é que os documentos constituem uma fonte não reativa, uma vez que as informações neles contidas são imutáveis, sendo uma fonte natural de informações à medida que, por se originarem num determinado contexto histórico, econômico e social, refletem a inserção da organização neste mesmo contexto.

A **entrevista** é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversa de natureza profissional. É um procedimento utilizado na investigação social, para a coleta de dados ou para ajudar no diagnóstico ou no tratamento de um problema social (LAKATOS e MARCONI, 1986).

A realização de entrevistas semi-estruturadas, aplicada aos atores do setor em pauta: nível estratégico, nível tático, nível operacional, comunidade e órgãos fiscalizadores, pretendeu avaliar o comprometimento da organização com a qualidade dos aterros.

A **pesquisa bibliográfica** trata do levantamento da bibliografia já publicada e que tenha relação com o tema em estudo. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com o que foi escrito sobre o assunto objeto de estudo. Incluem-se aqui as obras literárias em geral.

3.3 Método para Análise de Dados

Análise de dados em pesquisa científica significa, em sua essência, o momento em que os dados coletados são separados e analisados para que possam ser utilizados para responder à pergunta de pesquisa proposta e para iniciar-se o processo de validação do modelo apresentado.

a) Procedimento quali/quantitativo

Os dados coletados receberam um tratamento de abordagem qualitativo, e de forma complementar e secundária, foi adotada uma abordagem quantitativa, mais especificamente no

levantamento de dados matemáticos realizados por aplicações de fórmulas específicas, conforme as medições que os indicadores representavam.

b) Análise de conteúdo

A análise de conteúdo é utilizada para obter respostas diretamente relacionadas ao material analisado, classificando e tabulando informações específicas e baseando-se na questão da presença ou ausência de tal ou qual conteúdo particular. É realizado através da análise de observações, documentos e/ou entrevistas, buscando identificar o conteúdo dentro de parâmetros que se está analisando. Podem-se identificar, além da ausência ou presença de parâmetros específicos, a frequência e a inter-relação entre determinadas variáveis.

Esta técnica foi utilizada para analisar a maior parte das variáveis descritas no modelo proposto, uma vez que este trabalho se caracteriza por ter partes de pesquisa qualitativa, na qual as soluções não são únicas nem facilmente quantificáveis.

3.4 O Delineamento da Pesquisa

O desenho da pesquisa passou, primeiramente pelo “**o que**” deve ser buscado para permitir uma verificação do aterro sanitário em relação ao cumprimento dos instrumentos de proteção ao meio ambiente e de outros fatores de interface com a sociedade. Neste ponto se podem citar, não de forma fechada, alguns pontos importantes a serem pesquisados: como o aterro está se adequando à evolução da legislação brasileira, em relação à Constituição Federal brasileira promulgada em 1988; aos códigos de proteção como: a flora e a fauna, o código das águas, uso do solo; à Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81); às resoluções do Conama; Leis Nacionais e Estaduais, e outras Normas Regulamentadoras que definem parâmetros e condições de trabalho compatíveis com o ser humano em todos os aspectos, buscando uma melhor qualidade de vida.

Num segundo momento, “**onde**” será realizada a pesquisa. O que leva à busca de uma unidade de disposição final de resíduos sólidos urbanos que seja representativa e que tenha ações concretas para validar a proposta. No modelo, optou-se pelo aterro da cidade de Joinville, por ser

a maior cidade do Estado de Santa Catarina e apresentar um sistema de gerenciamento de RSU de forma descentralizada.

Em terceiro lugar, na busca da definição do espaço temporal, **“o quando”**, isto é, qual a dimensão temporal da pesquisa. Neste caso, será utilizado o momento atual, em função do avanço das questões ambientais e do compromisso das autoridades municipais quanto ao correto destino final aos resíduos sólidos urbanos.

E finalmente, **“o como”**, isto é, qual o método a ser utilizado na implementação do trabalho proposto. Neste caso, optou-se por usar a ferramenta Lógica *Fuzzy*, considerando que as decisões a serem tomadas pelas máquinas devem se aproximar cada vez mais das decisões humanas, tendo em vista que o sistema ao qual será aplicado o modelo, o aterro sanitário, pode envolver uma grande variedade de informações vagas e incertas, bem como resultados numéricos, plenamente utilizáveis na Lógica *Fuzzy*. Para implementação do modelo, será utilizado o software *Fuzzy TECH 5.54d Professional Edition*.

Para visualizar o delineamento proposto no presente trabalho e suas interfaces com a qualificação profissional do pesquisador, a seguir será apresentado um macrofluxograma das atividades desenvolvidas.

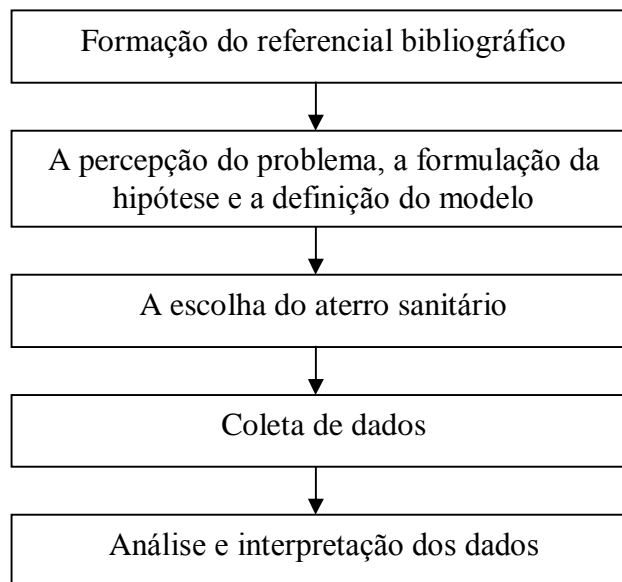


Figura 6: Fluxograma de atividades desenvolvidas

Fonte: o autor

3.5 A Descrição Sucinta das Atividades

3.5.1 A formação do referencial bibliográfico

Durante a realização dos créditos necessários no PPGEP-UFSC, iniciou-se a fundamentação teórica através de pesquisa bibliográfica existente, de forma continua e sistematizada, procurando-se atingir obras nacionais e internacionais, bem como sites da internet que versassem sobre valoração ambiental, Lógica *Fuzzy*, resíduos sólidos urbanos, processos de disposição final dos resíduos sólidos, aterros sanitários, sistema de gestão ambiental, auditoria ambiental, legislação ambiental, integração de sistema de gestão, entre outros.

Todo este referencial bibliográfico foi agrupado e sistematizado, buscando ter uma visão ampla e sistêmica das inter-relações entre o resíduo sólido com o meio ambiente e a qualidade de vida, dentro das perspectivas ambiental, social e econômica.

3.5.2 A percepção do problema, a formulação da hipótese e a definição do método proposto para a análise de aterros sanitários

Verificou-se que o desenvolvimento sustentável busca conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental. Para se alcançar tal meta, é necessário entender que a proteção do ambiente é parte integrante do processo de desenvolvimento.

O desenvolvimento urbano, associado ao avanço tecnológico e ao padrão de consumo, provocou sensível aumento no volume e na diversificação dos resíduos sólidos gerados, os quais em algum instante ou de alguma forma precisam ser devolvidos à natureza.

Um dos métodos mais adequados para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos é o aterro sanitário, pois constitui o elo entre o resíduo sólido potencialmente impactante e a natureza que se quer proteger.

A partir desta constatação se reuniu referencial para a formulação da hipótese central do trabalho, sujeita à validação pelos dados coletados e analisados na aplicação do modelo.

A formulação do modelo para análise de adequação de aterros sanitários teve como ponto de partida o conceito de desenvolvimento sustentável e, conforme Jacobi (1999), opina que um

dos aspectos mais complexos na atualidade se refere em como estabelecer parâmetros para a participação da sociedade na busca de soluções racionais para a gestão de resíduos sólidos. Segundo Castilho Jr. (2003), a tecnologia de destinação final dos resíduos é uma tomada de decisão em nível de gestão, e para viabilizar esta tomada de decisão é imprescindível estabelecer as condições políticas, institucionais, legais, financeiras, sociais e ambientais necessárias.

3.5.3 A escolha do aterro sanitário

Na escolha da disposição final dos resíduos sólidos urbanos, optou-se pelo aterro sanitário, por tratar-se dentro dos métodos de tratamento dos resíduos, o mais utilizado e que apresenta menor custo.

Quanto à cidade escolhida, foi Joinville, situada no norte catarinense, a maior cidade de Santa Catarina, com o tratamento de resíduos de forma descentralizada e a facilidade da coleta dos dados em função das disponibilidade de instrumentação e dados já disponíveis.

3.5.4 Coleta dos dados

Foi o momento da busca de como ocorreu a aprendizagem, dentro do sistema escolhido, o aterro sanitário, da necessidade de preservação e/ou conservação dos recursos naturais e da integridade total de seus colaboradores e toda a comunidade que a cerca, objetivando a sustentabilidade do empreendimento. Estes dados foram obtidos através de observação, pesquisa documental, entrevistas, auditoria aplicando *checklist* (Anexo G) e pesquisa bibliográfica.

Um segundo momento consistiu em entrevistar pessoas da comunidade que interagem com o aterro sanitário e que direta ou indiretamente são impactadas, positiva ou negativamente, pelas ações que são desenvolvidas, e verificar qual a imagem do empreendimento perante a sociedade com a qual convive. O modo mais indicado nesta etapa do estudo foi o qualitativo, por se apresentar o mais adequado para a compreensão de fenômenos sociais, uma vez que se buscou a sua compreensão no contexto em que ocorreu e do qual é parte, sendo analisado numa perspectiva integrada, captada a partir das percepções das pessoas envolvidas, proporcionando uma melhor visão do todo.

3.5.5 Análise e interpretação dos dados

Num momento posterior, os dados referidos anteriormente foram sistematizados para aferir-se como está e como evoluiu a imagem de responsabilidade social do empreendimento objeto da pesquisa, visto que foram sistematizadas informações de: eficiência no levantamento de receitas e custos, processo de tratamento e destino final dado aos resíduos, e interface social na busca de melhoria da qualidade de vida.

A interpretação foi um momento significativo da interface do pesquisador com a base bruta dos dados, de onde foram obtidas informações que comprovaram o grau de diferenciação do aterro em relação a sua adequabilidade. Nesta interpretação, foi aplicada a Lógica *Fuzzy*, através do software *Fuzzy TECH 5.54d Professional Edition*, fator determinante em relação às conclusões do trabalho, para recomendações de futuros trabalhos e para que o próprio empreendimento possa-se adequar aos parâmetros das exigências legais.

3.6 Considerações

Neste capítulo, foi apresentada a metodologia referente à caracterização da pesquisa, como também a coleta de dados das variáveis que representam o sistema aterro sanitário, bem como a análise e a interpretação dos resultados.

No próximo capítulo, será apresentada uma proposta de apoio ao sistema de avaliação de aterros sanitários.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS: CRITÉRIOS DE ADEQUABILIDADE

Os avanços tecnológicos e a legislação no campo de gestão de resíduos sólidos municipais têm privilegiado a construção de novos aterros mais seguros do ponto de vista ambiental. As políticas e diretrizes para o setor de resíduos sólidos, nas três instâncias de governo do País (federal, estadual e municipal), são deficientes, aliando-se à escassez de recursos financeiros e humanos adequadamente treinados. Soma-se a isto o fato de a legislação brasileira ainda ser bastante restrita e genérica. Neste contexto, a disposição final dos resíduos sólidos, apesar de equacionável, tem persistido sem solução adequada.

Considerando que o aterramento é uma antiga técnica de manuseio dos resíduos sólidos originados nas atividades da vida diária e por muitos autores considerado o mais viável por apresentar o menor custo, este capítulo tem a finalidade de apresentar uma proposta para um Sistema de Gestão de Aterros Sanitários.

Neste contexto, no capítulo 2, foi apresentada a problemática dos resíduos sólidos urbanos (RSU), com o aumento em quantidade e diversidade, conforme os processos de urbanização e de industrialização das cidades. O processo de intensa e acelerada metropolização provoca o colapso dos sistemas de serviços públicos. Nos centros urbanos, se inicia grande parte da crise ambiental, com a qualidade de vida tornando-se cada vez pior.

Os resíduos sólidos gerados pela atividade cotidiana dos cidadãos, pelos seus hábitos de consumo e pela produção industrial são um dos principais problemas presentes nos centros urbanos. Estes problemas tendem a ser agravar, pois as áreas de disposição de resíduos tendem a diminuir.

A respeito da legislação sobre RSU, segundo Milare (2000), ainda falta uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, ficando para a iniciativa de estados e municípios tomar medidas através de uma gestão participativa. Entretanto, o equacionamento da problemática dos RSU não depende somente da criação de políticas públicas específicas, orientadas pela legislação existente, mas também pela necessidade de uma mudança cultural, de valores, hábitos, costumes e conduta da população.

Trata-se de dar às pessoas a formação da cidadania ecológica, como mais um patamar de desenvolvimento dos direitos do homem, abrangendo símbolos de cidadania civil, política e social, integrando novos direitos e novas condições de vida desejadas pela sociedade, na garantia de vida da atual e das futuras gerações.

Segundo Castilhos Jr. (2003), as estratégias de gestão e gerenciamento de RSU levam em conta a premissa de prevenção à poluição, priorizando redução na fonte, reaproveitamento (coleta seletiva, reutilização, reciclagem e recuperação), tratamento (compostagem, incineração) e disposição final. Ainda, conforme o autor, dentre os métodos mais utilizados para tratar sobre a disposição final de RSU e por apresentar menor custo, destaca-se o aterro sanitário.

Para aplicabilidade de uma forma mais consistente, como também, pelo fato de a pesquisa ter um limitante, será concentrado o foco deste trabalho no destino final dos RSU, ou seja, na avaliação da viabilidade de operação de um aterro sanitário. A questão da geração, coleta seletiva, reciclagem e compostagem não será focalizada nesta pesquisa, pois vários trabalhos já abordaram o assunto (ANDRADE, 2002; OLIVEIRA; 2002; CASTILHOS JR., 2003).

Ainda no capítulo 2, mencionou-se como a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), auxiliado pela NBR 14001, pode trazer melhorias de desempenho ambiental de uma organização. O estabelecimento de políticas adequadas, de como serão tratados os RSU, levará à eficiência do sistema quanto aos impactos e aspectos ambientais, melhorias de desempenho, cumprimento da legislação, redução de riscos, educação ambiental e demonstração ao público.

O uso do PDCA, sugerido por Moura (2002), facilitará a implantação do SGA, destacando “onde se está” (impactos e aspectos ambientais), “aonde se quer chegar” (estabelecimento de objetivos e metas) e “como chegar” (ações a serem tomadas).

Também foi destacado como a auditoria ambiental pode ser usada pelo empreendimento para auxiliar a controlar o atendimento a políticas, práticas, procedimentos e/ou requisitos estipulados com o objetivo de evitar a degradação ambiental.

No capítulo 2, ainda foi visto que, com uma política definida, a utilização de um sistema de gerenciamento ambiental permitirá a integração entre a estratégia e a ação, proporcionando uma interligação entre as perspectivas, a estruturação e a mensuração de indicadores, levantamento de objetivos e metas. A definição de variáveis de entrada, proposta e avaliada por especialistas das diversas áreas de conhecimento para cada perspectiva é realizado nesta fase. Operadores humanos são capazes de controlar processos bastante complexos baseados

em informações imprecisas ou aproximadas a respeito desses processos. A estratégia adotada pelos operadores humanos é também de natureza imprecisa e geralmente possível de ser expressa em termos lingüísticos. Nesta etapa, será utilizada a Lógica *Fuzzy*, que permitirá traduzir em termos matemáticos a informação imprecisa expressa por um conjunto de regras lingüísticas.

Para que a lógica humana seja implementada em soluções de Engenharia, é preciso que se construa um modelo matemático. A Lógica *Fuzzy* tem sido desenvolvida como um modelo matemático que permite a representação das decisões humanas e processos de avaliação na forma de algoritmo.

O método utiliza os fundamentos da Lógica *Fuzzy* para agrupar e combinar os indicadores, que foram divididos em três grupos: ambiental, econômico e social. A avaliação pode ser realizada tanto nos aspectos qualitativos quanto quantitativos, possibilitando a análise integrada das possíveis mudanças inferidas nas variáveis de entrada, e oferece resultados de fácil compreensão aos decisores.

Para desenvolver este método, foram estudadas as alternativas dos métodos multicriteriais. As publicações da área indicaram a possibilidade de ampliar o campo metodológico com o uso da Lógica *Fuzzy*, ao mesmo tempo em que indicaram restrições dos métodos atuais para lidar com variáveis dependentes e não paramétricas (ZUFFO, 1998).

Para cada indicador, definido como uma variável de entrada, traça-se um objetivo, e determina-se um indicador na forma lingüística, que fornece avaliações dentro dos parâmetros da Lógica *Fuzzy*, realizada pela intersecção dos conjuntos *fuzzy* formados pelas funções de pertinência das variáveis de entrada nos blocos de regras, estipulando-se metas a serem alcançadas e as ações/iniciativas a serem tomadas para minimizar os impactos ambientais, formando a árvore de decisão (dendrograma) em cada etapa do processo, originando variáveis de saída que, por sua vez, em conjunto com outras variáveis, vão permitir análise das perspectivas de avaliação do aterro sanitário, e finalmente a análise da adequabilidade do aterro sanitário.

As variáveis de saída destes blocos são lingüísticas. Como forma de verificação do comportamento assumido pelas variáveis de saída, o método estabelece que também se proceda à *defuzzificação*. Assim, para cada conjunto de variáveis de entrada operada em um bloco de regras, resulta em duas variáveis de saída. Uma com valores *fuzzy*, chamada de intermediária, que alimentará nova entrada para a próxima etapa do processo, e outra *defuzzificada* (no caso, pelo método Centro de Área) com valores discretos, permitindo uma

melhor compreensão, pelos decisores, de cada variável de saída, possibilitando conhecer e interpretar cada resultado.

Na definição das funções de pertinência dos indicadores das variáveis de saída, foi utilizada a função tipo “S” com patamares superiores (*shoulders*) na amplitude de 50%. Esta configuração determina a proporção mais equilibrada das áreas sob as curvas tendo em vista o método de *defuzzificação* utilizado.

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma proposta de um sistema de gestão de aterros sanitários, utilizando o SGA, apoiado na Lógica *Fuzzy*, para determinar a adequabilidade do aterro sanitário.

4.1 Proposta de um Sistema de Gestão de Aterros Sanitários

A definição de desenvolvimento sustentável preconiza-o como aquele que atende às necessidades dos presentes sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades. A proteção do meio ambiente tem que ser entendida como parte integrante do processo de desenvolvimento, e não considerada isoladamente. A busca de soluções racionais para a gestão de resíduos sólidos é um dos aspectos mais complexos na atualidade.

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, em qualquer comunidade, é um fenômeno inevitável que ocorre diariamente em quantidade e composições que dependem de fatores tais como população, seu desenvolvimento econômico e social, localização geográfica, entre outros.

Como caracterização na análise de viabilidade do aterro, foram consideradas três perspectivas, de maneira que se possa efetuar uma gestão ambiental de forma mais eficiente dentro de um aterro sanitário, conforme Figura 7.

- Perspectiva Ambiental;
- Perspectiva Econômica;
- Perspectiva Social.

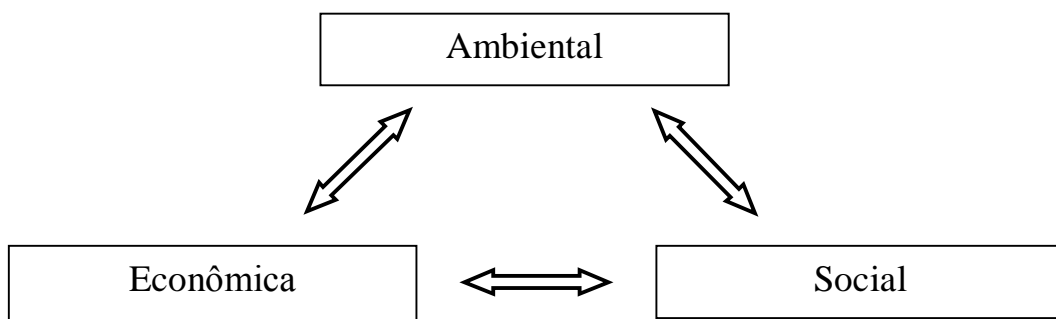


Figura 7: As perspectivas do Aterro Sanitário

Fonte: o autor

A perspectiva ambiental do modelo foi concebida considerando quais os impactos ambientais que vão afetar o meio ambiente (biótico e físico) e sua parte operacional.

A perspectiva econômica está voltada para a competência de gerenciamento do aterro sanitário, seja por iniciativa pública, seja por empresa terceirizada. Por sua vez, a perspectiva social está relacionada com o entorno do aterro, sua localização e os benefícios sociais.

A interligação destas três perspectivas possibilitará a conclusão da proposta do modelo referente à decisão na avaliação de aterros sanitários já em operação. A conformação da representação gráfica do sistema é na forma de um dendrograma, tipo *top-down*, partindo-se da questão a ser respondida – a adequabilidade do projeto, de acordo com a Figura 8.

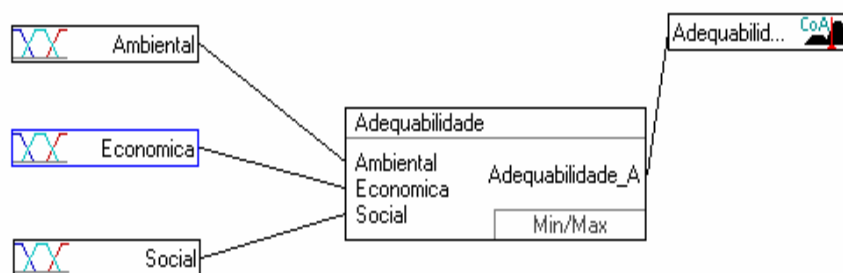


Figura 8: Decisão de Adequabilidade de Aterros Sanitários

Fonte: o autor

As perspectivas são divididas em suas componentes principais, sendo estas componentes estruturadas e identificadas pelos especialistas das várias áreas de conhecimento. A sequência

desta montagem gera uma representação gráfica que vai sendo detalhada até indicadores iniciais, chamados de variáveis de entrada.




Nas Tabelas 6, 7 e 8 estão representadas, respectivamente, as estatísticas, as variáveis de entrada e a variável de saída do dendrograma adequabilidade.

Tabela 6: Estatística do dendrograma de adequabilidade

Variáveis de entrada	3
Variáveis de saída	1
Variáveis intermediárias	0
Blocos de regras	1
Regras	27
Funções de pertinência	12


Fonte: o autor

Tabela 7: Variável de entrada do dendrograma de adequabilidade

Nº	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Máx	Inic.	Termos
1	Ambiental		Grau	0	100	0	Inadequado, crítico, adequado
2	Econômica		Grau	0	100	0	Inadequado, crítico, adequado
3	Social		Grau	0	100	0	Inadequado, crítico, adequado

Fonte: o autor

Tabela 8: Variável de saída do dendrograma de adequabilidade

Nº	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Máx	Inic.	Termos
1	Adequabilidade		Grau	0	100	0	Inadequado, crítico, adequado

Fonte: o autor

Cada variável de entrada tem suas regras próprias, segundo o fluxo de análise da Lógica Fuzzy. A coleta dos dados para alimentar o sistema é auxiliada pela aplicação de uma listagem de verificação (*checklist*), que é utilizada para orientar e conduzir a auditoria ambiental no aterro sanitário. Este *checklist* é um questionário estruturado para incorporar todas as

questões relevantes para cada variável de entrada. As respostas são de zero (0) a cem (100), previamente elaboradas e tabuladas conforme níveis de influências das perguntas a serem realizadas, ponderadas por especialistas da área (Apêndice A).

A *fuzzyficação* na interface de entrada traduz valores discretos em graus de pertinência às funções *fuzzy*. A análise *fuzzy* acontece em blocos que contêm as regras de controle lingüístico. Os resultados das operações nestes blocos de regras são também variáveis lingüísticas, que podem ser *defuzzificados* em variáveis discretas.

Para o estudo de adequabilidade do aterro, foram definidas, junto com especialistas na área, trinta e três variáveis de entrada (indicadores diretos), que, operadas segundo regras estabelecidas nos blocos de regras, resultam em vinte e duas variáveis de saída, conforme Tabela 9.

Tabela 9: Estatística do dendrograma principal

Elementos do dendrograma principal	Quantidade
Variáveis de entrada	33
Variáveis de saída	22
Variáveis intermediárias	21
Blocos de regras	22
Regras	693
Funções de pertinência	228

Fonte: o autor

O número de funções de pertinência utilizado para cada indicador foram três, representados pelos termos lingüísticos Inadequado, Crítico e Adequado. A base variou de zero, para representar o estado inadequado, a um, para representar o estado adequado.

As Figuras 9 e 10 representam os dois estados extremos das funções de pertinência, onde o grau de pertinência (0,0) representa não ser membro da variável “percolado”, e (1,0), indicando ser membro da variável “percolado”, respectivamente. Entretanto, as *defuzzificações*, seguindo os critérios acima descritos, apresentam resultados variando de [12,8940 : 87,0980] ao invés de [0,0 : 100]. Isto é verificado, devido às interações das variáveis efetuadas em um dendrograma, operadas através do programa computacional *Fuzzy TECH*®.

A estruturação das variáveis em um dendrograma permite avaliar as interações existentes entre os elementos de dados e a operação através do software *Fuzzy TECH*®, que admite a análise das interações julgadas convenientes nos diversos níveis do dendrograma.

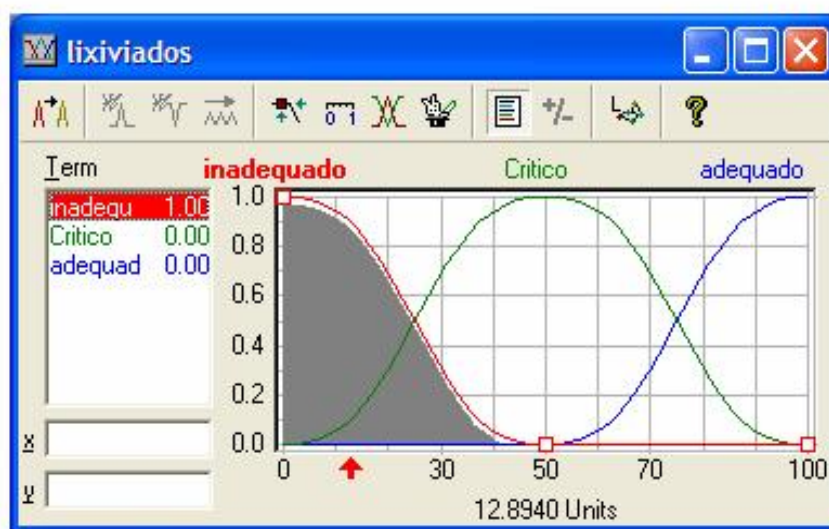


Figura 9: Função de pertinência para variável lixiviados para 0,00 adequado

Fonte: o autor

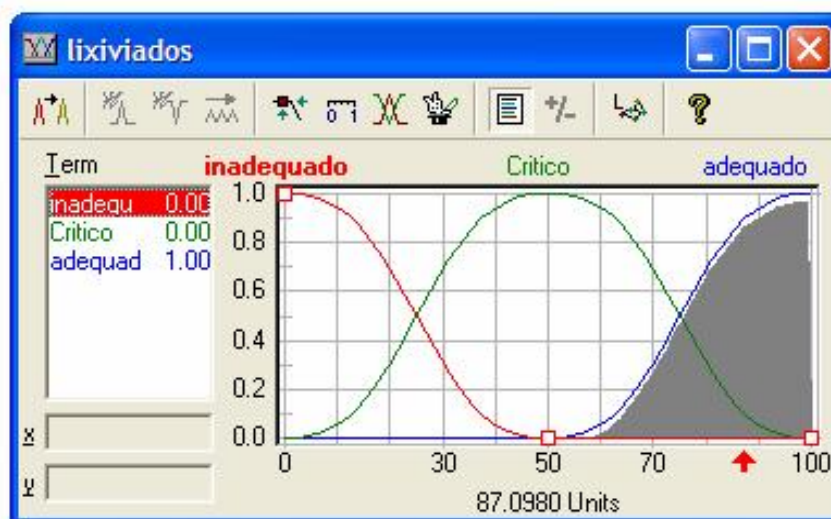


Figura 10: Função de pertinência para variável lixiviados para 1,00 adequado

Fonte: o autor

Conforme mencionado no capítulo 2, optou-se pela utilização de interpolação através do processo de Newton, por serem construídos pela composição ou agregação de um ou mais indicadores, mediante diversos tipos de formulações matemáticas ou regras heurísticas, em um resultado único.

Para dar peso a cada uma das regras, é utilizado o “Grau de Suporte (DoS)”. Estes pesos são atribuídos, segundo o entendimento de especialistas, conforme a importância destas regras.

A Tabela 10 exemplifica as possibilidades de combinação em um bloco de regras do tipo “se”, “e”, “então”, onde os graus de pertinência aos conjuntos (estados), inadequado, crítico e adequado das variáveis de entrada “percolado” e “tratamento de percolado”, são combinados resultando em duas variáveis de saída, uma discreta (*defuzzificada*) denominada “lixiviados” e outra *fuzzy* denominada “F_Percolado”, ambas com nove possíveis consequências de saídas.

Tabela 10: Bloco de regras com os possíveis valores das variáveis

se		então			
Percolado	Trat_Percolado	DoS	F_Percolado	DoS	lixiviados
inadequado	inadequado	1.00	inadequado	1.00	inadequado
crítico	inadequado	1.00	inadequado	1.00	inadequado
adequado	inadequado	1.00	crítico	1.00	crítico
inadequado	crítico	1.00	inadequado	1.00	inadequado
crítico	crítico	1.00	crítico	1.00	crítico
adequado	crítico	1.00	adequado	1.00	adequado
inadequado	adequado	1.00	crítico	1.00	crítico
crítico	adequado	1.00	adequado	1.00	adequado
adequado	adequado	1.00	adequado	1.00	adequado

Fonte: o autor

A Figura 11 mostra um setor de dendrograma, da perspectiva ambiental, que representa as duas variáveis de entrada, percolado e tratamento de percolado combinadas em blocos de regras, chamado “Lixiviados”, resultando em duas variáveis de saída, uma *fuzzy* intermediária, chamada “F_Percolado”, que alimentará o bloco seguinte (Águas), e outra discreta, “lixiviados”, *defuzzificada* pelo método de Centro de Área (CoA).

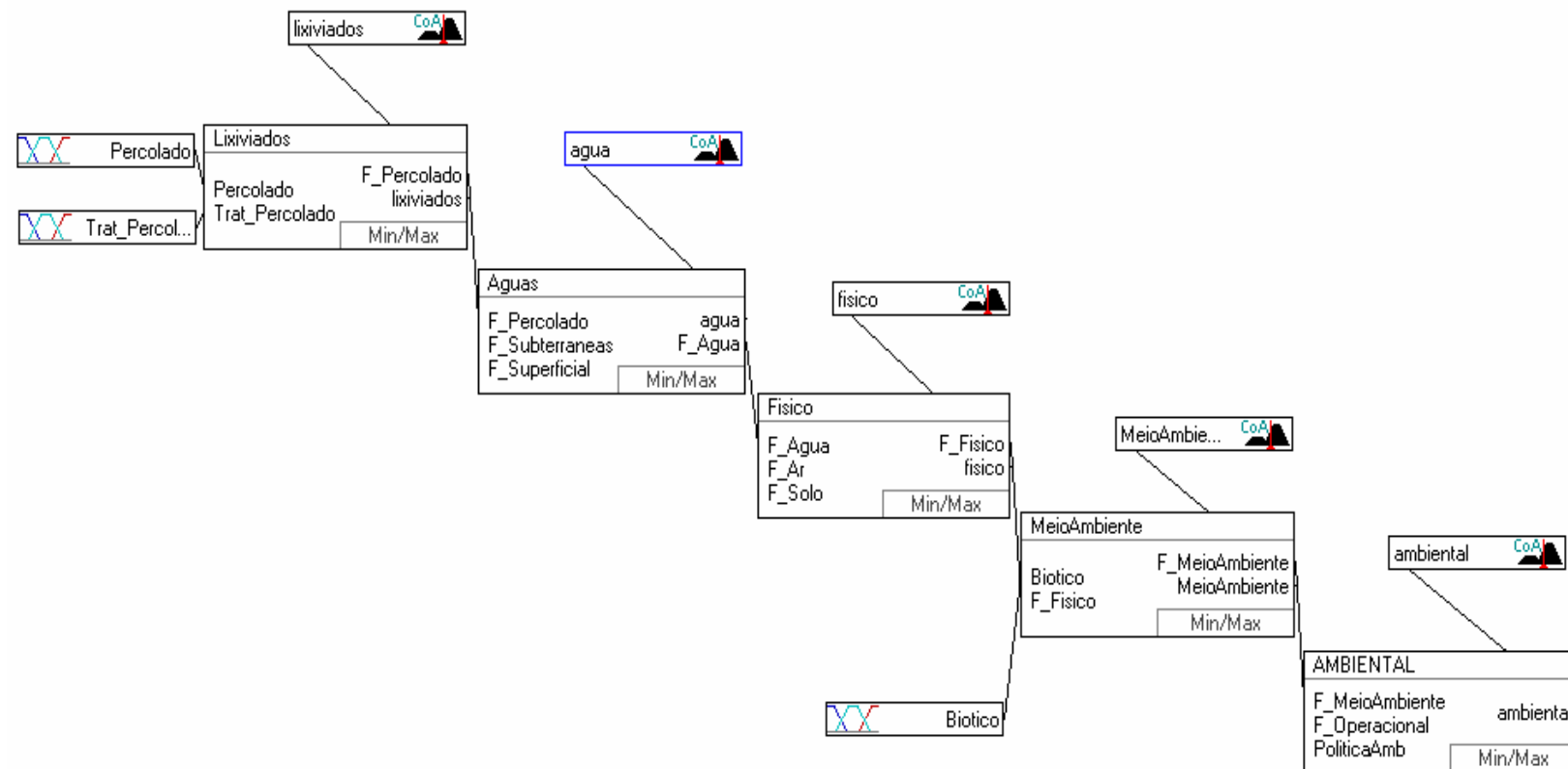


Figura 11: Dendrograma parcial superior da perspectiva ambiental

Fonte: o autor

Agora, a variável de saída do bloco de regras Águas resultará em duas novas variáveis, uma *defuzzificada*, chamada água, e outra, *fuzzy*, intermediária, F_água. Esta última será a entrada no bloco Físico, originando as variáveis de saída, físico (*defuzzificado*), e a outra, F_Físico, intermediária, que será a entrada no bloco de regras Meio Ambiente, originando a saída Meio Ambiente (discreta) e a *fuzzy* F_Meio Ambiente, que será a entrada no bloco Ambiental.

O dendrograma completo do sistema de adequabilidade de aterros sanitários é mostrado no Apêndice B e contempla, principalmente, três critérios: robustez, sensibilidade e representação.

O primeiro critério permite o estudo de outros aterros sanitários, permitindo aos órgãos competentes determinar em que grau de adequação se encontra o projeto.

Quanto ao critério de sensibilidade, refere-se à capacidade de o sistema transmitir todas as mudanças e alterações dos indicadores de verificações primárias até o resultado final, contemplando as possibilidades de análises em todos os estágios.

O critério de representação se refere à capacidade de a árvore representar com fidelidade os aspectos relevantes do aterro sanitário e suas inter-relações.

4.2 Perspectiva Ambiental

A perspectiva ambiental considera que o sistema de resíduos sólidos urbanos deve atender às exigências da Política Ambiental, do Processo Operacional e do Meio Ambiente.

Até recentemente, tratar resíduos sólidos urbanos se concentrava apenas em suas capacidades internas, enfatizando o desempenho de serviços e inovação tecnológica. Preocupavam-se em realizar um serviço de qualidade, mas não se preocupando com o meio ambiente interno e externo. Hoje, alguns sistemas de disposição final de RSU já estão voltados para conhecer e satisfazer as necessidades ambientais. É o cumprimento do que foi estabelecido na Política Ambiental do empreendimento, conforme mencionado anteriormente, neste capítulo.

Além de satisfazer o que foi estabelecido na Política Ambiental, deve-se assegurar o cumprimento dos objetivos e metas ambientais, e a implementação de ferramentas de sustentação necessárias.

Sob a óptica ambiental, gerenciar os RSU, como já mencionado no capítulo 2, significa reduzir na fonte, reaproveitar, coletar, transportar e dar tratamento adequado à disposição final dos resíduos sólidos, observando que as operações efetuadas estejam interligadas, influenciando umas as outras.

Na Figura 12, tem-se uma visão parcial da perspectiva ambiental, conforme mostrado no Apêndice B.

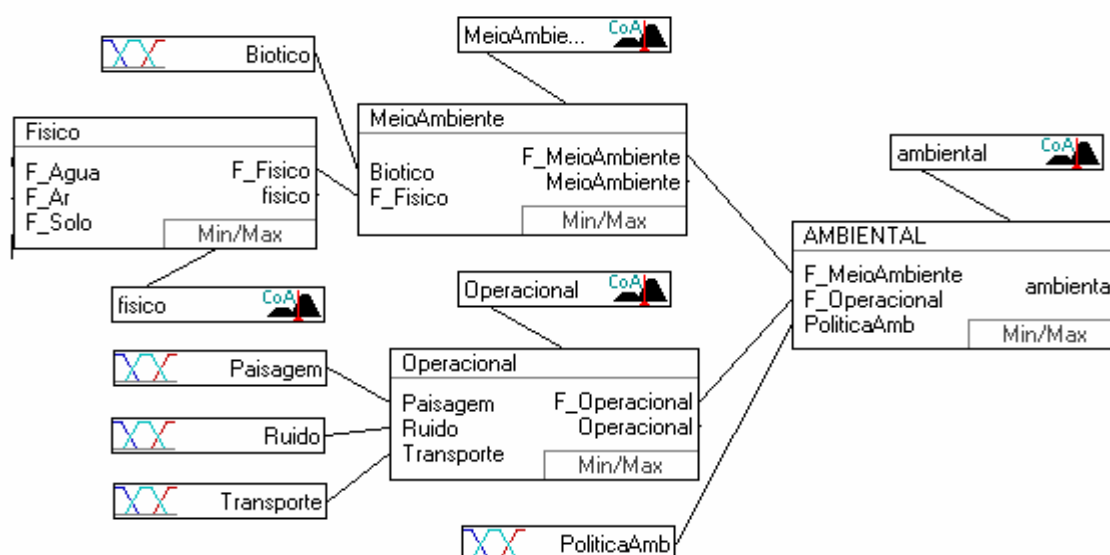


Figura 12: Dendrograma Parcial da Perspectiva Ambiental

Fonte: o autor

Na Tabela 11, é apresentada a estrutura da perspectiva ambiental.

Tabela 11: Estatística da perspectiva ambiental

Elementos da perspectiva ambiental	Quantidade
Variáveis de entrada	20
Variáveis de saída	14
Variáveis intermediárias	20
Blocos de regras	14
Regras	405
Funções de Pertinência	162

Fonte: o autor

A realização de avaliações quali-quantitativas periódicas da adequação ambiental, através de auditorias, funcionará como forma de verificação do que foi estabelecido como política, objetivos e metas do aterro sanitário.

Objetivo: viabilizar o tratamento ideal dos RSU, desde a sua coleta até a disposição final.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: 100% do atendimento da legislação ambiental

- menos que 100 % - aprimorar;
- 100 % - satisfatório – melhorar;
- mais que 100 % - ótimo – dar continuidade.

4.2.1 Variável de entrada “política ambiental”

O estabelecimento de uma política ambiental dentro do sistema de disposição final dos RSU deve explorar um conjunto de intenções sobre a forma de tratar de maneira eficiente os resíduos, evitando generalidades e inadequações de intenções com a realidade do empreendimento.

Deve ser buscada uma grande coerência das ações a serem tomadas e o potencial do município, pois, conforme a legislação em vigor as prefeituras são responsáveis pela coleta e pelo destino final dos resíduos sólidos.

No capítulo 2, como foi mencionado, a definição da política ambiental deve ser norteada de maneira a se conseguir uma equidade social, elevação da qualidade de vida, equilíbrio ambiental e gerar benefícios sociais e econômicos.

Ainda naquele capítulo, foi apresentado que, para o estabelecimento de uma política ambiental, deveria se considerar a adequação aos impactos ambientais, esforço continuado da melhoria do desempenho ambiental, cumprimento com a legislação, revisar os objetivos alcançados, registrar e comunicar ao público interno e externo.

A existência de uma política ambiental, além de ser requerida pela norma ISO 14001, prevê que a organização estabeleça e mantenha objetivos e metas ambientais documentados, elevando, assim, a melhoria de seu desempenho.

Objetivo: registrar por escrito as políticas ambientais do aterro, divulgando em todos níveis internos e ao público em geral.

Indicador *Fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: cumprir 100% da política ambiental pré-escrita.

4.2.2 Variável de entrada “paisagem”

O impacto visual causado pela operação do aterro sanitário, principalmente se este se encontra perto de rodovias, pode causar nas pessoas uma impressão bastante desagradável. Caso o aterro fique em regiões cuja topografia permita um contato visual a distância, esta impressão é ainda mais acentuada.

Para amenizar, é importante a plantação de arbustos nativos, formando uma cerca viva, e árvores maiores, formando uma corrente de isolamento visual do aterro.

Objetivo: evitar o contato visual externo do aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: arborizar os locais de fácil contato visual.

4.2.3 Variável de entrada “ruído”

Refere-se ao ruído provocado pela operação de tratores, caminhões e trabalhadores no aterro sanitário. A operacionalidade dos aterros sanitários pode causar diversos inconvenientes, tanto nos trabalhadores que ali operam como no entorno, caso existam núcleos habitacionais por perto.

Objetivo: minimizar a emissão de ruídos.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: procurar controlar todas as fontes de ruído.

4.2.4 Variável de entrada “transporte”

Trata de todo o sistema de transporte das pessoas que vivem no entorno do aterro, considerando tráfego intenso de caminhões e outros veículos, condições das estradas, poeiras, barulho.

Objetivo: permitir o trânsito de pessoas sem transtorno.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: dar segurança a população quanto a locomoção.

4.2.5 Variável de entrada “biótico”

Refere-se ao conjunto de seres vivos que habitam um determinado ambiente ecológico, em estreita correspondência com as características físicas, químicas e biológicas deste ambiente.

O ecossistema inclui indivíduos e populações de todas as espécies, habitats terrestres e aquáticos, incluindo locais onde a flora e a fauna se alimentam, descansam e se reproduzem. São todos estes parâmetros que uma avaliação ecológica deve considerar, sendo esses os melhores indicadores de alterações no ecossistema.

As principais fontes de impacto ecológico pelos tóxicos libertados a partir de atividades de tratamento e deposição de resíduo sólido são:

- derrames acidentais;
- emissões diretas para o ar, o solo ou a água;
- gás de aterro e lixiviados.

A fauna e a flora aquática são afetadas pelos lixiviados. Os químicos fortemente ligados a partículas podem passar para o interior da cadeia alimentar, principalmente através de organismos aquáticos que se alimentam de sedimento, ou por filtros, tal como nos moluscos.

Os efeitos nocivos em solos contaminados por agentes químicos incluem:

- dano nas folhas e produtividade reduzida em plantas e colheitas;
- morbidade e mortalidade aumentadas na fauna;
- efeitos ao nível da reprodução;
- efeitos carcinogênicos; danos na pele, no pulmão e em outros órgãos.

Conforme Gandolla (et al., 1998), um dos melhores indicadores da ocorrência de emissões de biogás através do solo é o estado da vegetação (tanto interna como externa ao aterro). Quando a alta concentração de biogás ou a oxidação do metano reduz a quantidade de oxigênio nos poros do solo, as raízes são sufocadas, e as plantas morrem. Árvores mortas, porções inférteis na vegetação ou musgos marrom-avermelhados podem ser indicativos da presença de biogás no solo.

Objetivo: impedir danos à suscetibilidade dos organismos vivos da região monitorando o equilíbrio do sistema ecológico.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: minimizar ao máximo o impacto à biota dentro do aterro.

4.2.6 Variável de entrada “lençol freático”

A água da chuva pode ter vários destinos após atingir a superfície da terra. Inicialmente, uma parte se infiltra. Quando o solo atinge seu ponto de saturação, ficando encharcado, a água passa a escorrer sobre a superfície em direção aos vales. Dependendo da temperatura ambiente, uma parte da chuva volta à atmosfera na forma de vapor. A parcela da água que se infiltra vai dar origem à água subterrânea.

A taxa de infiltração de água no solo depende de muitos fatores:

- 1- sua porosidade: a presença de argila no solo diminui sua porosidade, não permitindo uma grande infiltração;
- 2- cobertura vegetal: um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado;
- 3- inclinação do terreno: em declividades acentuadas, a água corre mais rapidamente, diminuindo o tempo de infiltração;
- 4- tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrar.

Para a determinação dos parâmetros relacionados ao comportamento das águas subterrâneas, devem ser considerados os dados hidrogeológicos. Desse levantamento, são obtidos dados referentes a: profundidade do lençol freático, padrão de fluxo subterrâneo, gradientes hidráulicos subterrâneos, parâmetros hidráulicos do aquífero, assim como a avaliação de: amplitude da variação regional do lençol freático, de acordo com as estações do ano, qualidade das águas subterrâneas e riscos de contaminação do aquífero.

A profundidade do lençol freático deve ser tal que não cause danos ambientais ao meio. Como um primeiro parâmetro, pode-se considerar uma boa profundidade do lençol freático se for igual ou mais de 3 m. Entretanto, a norma NBR 13896 (ABNT, 1997) estabelece os parâmetros de profundidade conforme os coeficientes de permeabilidade.

Objetivo: impedir a contaminação do lençol freático.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: estar dentro dos parâmetros da NBR 13896 (ABNT, 1987).

4.2.7 Variável de entrada “monitoração das águas subterrâneas”

Quando a chuva cai, uma parte da água se infiltra através dos espaços que encontra no solo e nas rochas. Pela ação da força da gravidade, esta água vai se infiltrando até não

encontrar mais espaços, começando então a se movimentar horizontalmente em direção às áreas de baixa pressão.

O caminho subterrâneo das águas é o mais lento de todos. A água de uma chuva que não se infiltrou levará poucos dias para percorrer muitos e muitos quilômetros. Já a água subterrânea poderá levar dias para percorrer poucos metros. Havendo oportunidade, esta água poderá voltar à superfície, através das fontes, indo se somar às águas superficiais, ou então voltar a se infiltrar novamente.

A água da chuva no aterro sanitário vai carregar consigo vários componentes, que podem, se não forem tomados os devidos cuidados, contaminar o lençol freático e o aquífero. A água próxima da superfície é denominada de lençol freático e, devido a esta proximidade, sofre influência direta da precipitação pluviométrica e de diversas fontes de poluição. As águas subterrâneas mais profundas formam os chamados aquíferos.

A monitoração das águas subterrâneas visa a avaliar, conforme NBR 13895 (ABNT, 1997), por meio de métodos diretos e/ou indiretos, a influência do aterro nos mananciais, principalmente no aquífero freático. Os padrões de qualidade da água são estipulados pela resolução do Conama nº 261.

O método direto constitui-se basicamente na perfuração de poços a serem instalados. Para fins de controle, são quatro, sendo um a montante e três a jusante do aterro, em relação ao fluxo subterrâneo. O poço de montante tem a função de verificar a qualidade do aquífero antes de sua passagem sob o aterro, e os poços de jusante, de avaliar a ocorrência de alterações das características iniciais e em que graus ocorreram (NBR 13895, ABNT, 1997).

Objetivo: monitorar a qualidade das águas subterrâneas.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: monitorar dentro dos critérios da NBR 13895 (ABNT, 1997).

4.2.8 Variável de entrada “corpos d’água”

São águas relacionadas com as nascentes e os córregos que estão na região do aterro sanitário, bem como todas as águas provenientes de chuvas, que não se infiltram no solo, e devem ser canalizadas e destinadas para sistemas receptores independentes dos de tratamento de percolado, não sobrecarregando o sistema.

Devem ser considerados todos os corpos d'água que atravessam ou que nascem na região do aterro sanitário. Estes corpos devem ser desviados, canalizados, de modo que os líquidos percolados não venham a contaminá-los.

Também se devem considerar as áreas inundáveis, alagadiças e os banhados. Por áreas inundáveis entende-se aquelas atingidas pelo extravasamento do leito dos cursos d'água em épocas de cheias. Por áreas alagadiças entendem-se aquelas que ficam temporariamente encharcadas, independentemente de estarem localizadas nas faixas de inundação dos cursos d'água, devido às características de má drenagem dos solos e baixa declividade dos terrenos. Os banhados são áreas permanentemente úmidas, com flora e fauna características e importante valor ambiental (SOUZA, 1999).

A distância mínima de recursos hídricos é tomada como padrão de 200 metros, conforme estabelece a Portaria nº 124 de 20/08/80 do Ministério do Interior.

A mudança de qualidade da água, em função de contaminações proveniente das deposições dos resíduos, é historicamente um problema público, pois incidirá em custos para obtenção da água em condições adequadas de utilização.

Os recursos hídricos superficiais são aqueles que estão em contato direto com o ar, sujeitos à recarga direta através de precipitação. Estes são formados pelo conjunto de rios, riachos, córregos, lagoas entre outros.

Para o uso dos recursos superficiais, são exigidos limites máximos de impurezas que eles podem conter. Estes limites, de acordo com a lei pertinente, são chamados de padrões de qualidade da água.

Para este trabalho, as águas superficiais serão enquadradas nas classes especiais, dentro da classificação das águas estipuladas pela resolução do Conama nº 261. Essas classes são destinadas, entre outros, ao abastecimento doméstico, à preservação do equilíbrio natural das comunidades bióticas e à recreação.

Os parâmetros usados para mensurar a qualidade da água são: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), coliformes fecais e toxicidade. A DBO e DQO são parâmetros de fundamental relevância na caracterização de um corpo de água por matéria orgânica e inorgânica quimicamente oxidável. O parâmetro coliforme fecal é utilizado como indicador de poluição por matéria orgânica de origem animal. A toxicidade nas águas é causada por substâncias industriais, de chorumes e do lixiviamento de agroquímicos. A toxicidade é medida através de testes ecotoxicológicos, também chamados de bioensaios ou biotestes.

Deve ser feita a monitoração das águas superficiais, conforme indicado por Castilhos Jr. (2003).

Objetivo: desviar e canalizar os corpos d'água.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: desviar 100 % os corpos d'água dos aterros sanitários.

4.2.9 Variável de entrada “drenagem pluvial”

Este sistema tem a finalidade de interceptar e desviar o escoamento superficial das águas pluviais durante e após a vida útil do aterro, evitando sua infiltração na massa do resíduo.

O dimensionamento da rede de drenagem é dependente, principalmente, da vazão a ser drenada. A metodologia utilizada segue a prática usual de drenagem urbana, calculada pelo Método Racional, conforme citado por Castilhos Jr. (2003)

É conveniente enfatizar que a água pluvial não deverá ser misturada aos líquidos percolados do aterro, pois estes terão tratamento mais complexo, antes de serem lançados à drenagem natural, o que não ocorre com a água pluvial (que poderá seguir diretamente para o corpo d'água receptor, mantendo-se os cuidados para redução de material em suspensão e evitar erosões no ponto de lançamento).

As águas precipitadas nas imediações do aterro serão captadas e desviadas por canaletas escavadas no terreno original, acompanhando as cotas, de forma a conferir declividade conveniente ao dreno.

Objetivo: drenar as águas pluviais.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: direcionar 100 % as águas pluviais para coletores receptores diferentes daqueles dos lixiviados.

4.2.10 Variável de entrada “percolado”

Quando da disposição de resíduos sólidos, muitas vezes ocorre de não se ter em conta que, associados a eles, há uma fração de líquidos que exigem cuidados específicos.

É comum observar-se o líquido vazando dos saquinhos de resíduo doméstico, por exemplo. Os grandes recipientes de acumulação de resíduo também dão origem a uma quantidade variada de líquidos. Nos aterros sanitários, a quantidade de líquidos escorrendo da

fase sólida é maior ainda. Estes líquidos, escuros, turvos e malcheirosos, são chamados usualmente de chorume.

Cabe um comentário inicial acerca dos termos chorume e percolato, normalmente empregados indistintamente na literatura técnica em geral. Chorume é o líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos (ABNT, 1984). Percolato, por sua vez, é a mistura do chorume e da água pluvial que se infiltra sobre a área do aterro, e que será recolhido nos sistemas de drenagem de percolato dos aterros. Portanto, os dois termos refletem condições que podem ser bastante diferentes quanto maior for a pluviosidade de uma região. Durante a vida ativa de um aterro sanitário, a geração do percolato é influenciada por uma série de fatores (QASIM e CHIANG, 1994), dos quais se podem ressaltar:

- fatores climatológicos e correlatos (regime de chuvas e precipitação pluviométrica anual, escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração e temperatura);
- fatores relativos ao resíduo sólido (composição, densidade e teor de umidade inicial);
- fatores relativos ao tipo de disposição (características de permeabilidade do aterro, idade do aterro e profundidade do aterro).

Castilhos Jr. (2003) define lixiviados como o resultado do processo de infiltração da água pela cobertura do solo de um aterro sanitário. Continuando, o autor afirma que o conhecimento dos volumes de lixiviados gerados em aterros sanitários é essencial para a definição de coleta, remoção, implantação de sistemas de tratamento e destinação final.

Os métodos para estimar o volume de lixiviados produzidos em aterros sanitários são explicitados tomando como base o balanço hidrológico, sendo o método do balanço hídrico e o método suíço os mais empregados, conforme demonstrado por Castilhos Jr. (2003).

Objetivo: determinar a quantidade de lixiviados gerados.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: calcular o volume utilizando o balanço hidrológico.

4.2.11 Variável de entrada “tratamento de percolato”

O percolato em aterros sanitários contém altas concentrações de substâncias orgânicas e inorgânicas, e possui um grande potencial de poluição de águas subterrâneas e superficiais.

As tecnologias aplicáveis ao tratamento de percolado são similares ao tratamento de esgotos. As unidades de tratamento de percolado devem ser dimensionadas em módulos que guardam relação com a evolução do aterro sanitário ao longo do tempo.

A descarga do chorume nas águas provoca depressão do nível de oxigênio, elevando a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Quando o oxigênio dissolvido desaparece ou é reduzido a níveis baixos, os organismos aeróbios são quase que totalmente exterminados, cedendo lugar aos anaeróbios, responsáveis pelo desprendimento de gases.

Para determinação do tipo de tratamento e do grau de eficiência desejados, os seguintes fatores devem ser considerados na elaboração de um projeto visando ao tratamento do percolado (ROBINSON e MAROS, 1979):

- características do chorume: determinação das concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos, e sua evolução ao longo do tempo;
- presença de substâncias perigosas: determinação das concentrações de compostos químicos tóxicos e metais pesados;
- alternativas de disposição do efluente tratado de maneira associada à legislação vigente: corpos d'água superficiais, redes coletoras de esgoto, tratamento no solo e recirculação para o aterro sanitário;
- estudos de tratabilidade: levantamento de parâmetros para projeto e operação do aterro visando à escolha da tecnologia mais adequada;
- avaliação das alternativas tecnológicas disponíveis;
- necessidades operacionais: determinações analíticas, treinamento de técnicos, etc.;
- custos de implantação e operação.

Dentre as tecnologias utilizadas no tratamento do percolado, destacam-se:

- tratamento biológico;
- recirculação do percolado através do aterro sanitário;
- tratamento físico-químico.

O tratamento biológico do percolado propicia a degradação da matéria orgânica e de outros compostos de difícil degradação de forma natural, pela ação de microorganismos que oxidam esses produtos, transformando-os em substâncias mais simples, como água e gás

carbônico. Esse processo de oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos recebe a denominação de biodegradação e pode ser realizado na presença ou na ausência de oxigênio.

O sistema de tratamento biológico é composto de um conjunto de três lagoas em série, podendo ter ainda um sistema de raízes, além da disposição final do efluente em valas de infiltração vegetada.

A primeira série de lagoas é a anaeróbia, onde a estabilização ocorre sem o concurso do oxigênio dissolvido, ocorrendo o fenômeno de digestão ácida e fermentação metânica.

A segunda série de lagoas é a facultativa e se caracteriza por possuir uma zona aeróbia superior, em que os mecanismos de estabilização da matéria orgânica são oxidação aeróbia e a redução fotossintética, e uma zona anaeróbia na camada de fundo, onde ocorrem os fenômenos típicos da fermentação anaeróbia.

A terceira série de lagoas é a de maturação, usada no final do sistema em série das lagoas de estabilização, e através dela almeja-se a melhoria da qualidade do efluente anteriormente tratado.

Além do sistema de tratamento de lagoas em série, poderá ser construído um sistema de raízes que terá a finalidade de garantir a eficiência no tratamento do efluente já tratado anteriormente pelas lagoas e uma disposição final em valas de infiltração vegetada.

Em geral, seis itens devem ser tratados e removidos do percolato: DBO; DQO; cor; metais pesados; compostos nitrogenados; e sólidos em suspensão (MATSUFUJI, 1994).

Conforme Castilhos Jr. (2003), caso os efluentes do tratamento de lixiviados sejam lançados em coleções hídricas, a qualidade dessas deverá ser monitorada, conforme orientações contidas na NBR 9898 (ABNT 1987).

Objetivo: realizar o tratamento do percolato.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: estar dentro dos parâmetros estabelecidos pela resolução do Conama nº 20 (18/6/1986).

4.2.12 Variável de entrada “biogás”

O sistema de drenagem de biogás tem a função de drenar os gases provenientes da decomposição da matéria orgânica, evitando sua migração através dos meios porosos que constituem o subsolo.

A migração do biogás será controlada pela execução de rede de drenagem adequada, colocada em pontos determinados do aterro. Esses drenos atravessam todo o aterro no sentido

vertical, desde o sistema de impermeabilização da base até acima do topo da camada de cobertura.

Os drenos de biogás nos aterros sanitários são normalmente constituídos por linhas de tubos perfurados, sobrepostos e envoltos por uma camisa de brita (de espessura igual ao diâmetro do tubo utilizado), atravessando verticalmente a massa de resíduos aterrados, desde a base até a superfície superior, constituindo uma chaminé.

O dimensionamento desses drenos depende da vazão de biogás a ser drenada; porém, como não existem modelos de cálculos comprovados, normalmente os drenos são construídos de forma empírica, prevalecendo o bom senso do projetista (CEMPRE, 2000).

Castilhos Jr. (2003), sugere a previsão de geração de biogás, através de métodos estequiométricos e modelos matemáticos.

Mas é essencial que exista uma rede de drenagem de biogás para que haja uma minimização dos riscos provocados pela emissão de gases, isto porque no processo de degradação dos resíduos se formam também produtos gasosos de origem aeróbia e anaeróbia.

A degradação aeróbia ocorre na parte superficial dos resíduos, é muito rápida e dá origem a uma mistura gasosa constituída por dióxido de carbono, amoníaco e água. A degradação anaeróbia ocorre nas camadas inferiores, é promovida pela compactação e cobertura dos RSU e dá origem ao biogás (constituído por cerca de 60% de metano e 40% de dióxido de carbono). O metano, por ser um gás menos denso que o ar, migra para a superfície. Esta sua migração em aterro pode produzir uma mistura explosiva com o ar, quando se encontra numa proporção entre 5 e 15%.

Os depósitos de resíduo, aterros e lixões geram o biogás, geralmente metano, quando os resíduos se encontram sob condições favoráveis. Esta geração varia de local para local, em função de fatores como quantidade de resíduos, idade do depósito, presença de ambiente anaeróbio, materiais tóxicos, acidez, e condições construtivas e de manejo.

O biogás pode representar um perigo para o meio ambiente local, caso não sejam tomadas as devidas medidas para evitar emissões descontroladas. O gás sulfídrico (H_2S), presente em baixas concentrações no biogás, pode causar danos à vegetação e odores desagradáveis.

O sistema de tratamento mais usual tem sido a queima do biogás proveniente do aterro nos próprios drenos coletores de gases.

Objetivo: canalizar os gases e queimá-los.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: procurar queimar o máximo possível dos gases, evitando sua migração.

4.2.13 Variável de entrada “odores”

O gás sulfídrico (H_2S) é uma das principais fontes de odores desagradáveis que podem estar presentes no aterro, além de cheiro proveniente da falta de recobrimento adequado.

A quantificação do mal-estar resultante de maus odores não é uma tarefa fácil, tendo em conta que depende de muitos fatores, alguns bastante subjetivos como a sensibilidade dos receptores, outras fontes de odor, condições atmosféricas, etc.

A avaliação e a quantificação de odores podem ser efetuadas recorrendo-se à olfatometria, metodologia de ampla aceitação na Europa. A olfatometria baseia-se em estabelecer uma relação entre as possíveis fontes de odor e o mal-estar que causa às pessoas nas áreas envolventes.

Os três aspectos fundamentais que determinam os problemas causados pelos focos emissores são:

- produção: concentração de odor produzida por uma fonte, em unidades de odor por metro cúbico (uo/m^3);
- emissão: está relacionada com o fluxo de ar que o foco emite; medem-se como unidades de odor por unidade de tempo;
- concentração: odor que atinge uma determinada distância do foco emissor (uo/m^3), que é função, entre outros fatores, da emissão de odor de cada instalação, das condições meteorológicas e da cartografia da zona.

O eventual mal-estar da população está relacionado com a concentração de odor na área envolvente, assim como com a frequência com que esse odor ultrapassa certos limites. Os resultados dos modelos de emissão representam-se por linhas (isodoras) que delimitam áreas onde se geram maus odores, bem como a sua intensidade.

Uma prática bastante usual utilizada em aterros é a presença de pessoas externas ao aterro sanitário, que através do olfato possam presenciar o cheiro desagradável, muitas vezes imperceptíveis para aqueles funcionários que trabalham diretamente no aterro.

Objetivo: eliminar os odores.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: eliminar a presença dos odores desagradáveis.

4.2.14 Variável de entrada “poeiras”

Neste item, serão considerados os aspectos relacionados com a poeira e aerossóis no aterro sanitário. Quanto aos fatores que contribuem para a condição de poluição do ar, podem ser naturais e artificiais. Os fatores naturais são em geral meteorológicos, algumas vezes, geográficos, e estão normalmente além da esfera de controle do homem. Os fatores naturais, que restringem a diluição normal dos contaminantes emitidos, incluem a inversão de temperatura, a qual impede a difusão do ar no sentido de baixo para cima; baixas velocidades dos ventos, não dispersando as substâncias para pontos distantes de suas origens; a geografia do terreno, que obriga o fluxo a seguir determinado sentido e transportar, de uma área para outra, tudo o que o ar contém. Já os fatores artificiais, em geral, são: transporte, queima de gases, incineração de resíduo sólido e fontes diversas.

A concentração de determinadas substâncias, como os aerossóis e outros particulados na atmosfera, pode, com o tempo, reduzir a intensidade da radiação solar.

Objetivo: eliminar poeiras.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: procurar eliminar o máximo possível a presença de poeiras e aerossóis.

4.2.15 Variável de entrada “capacidade de suporte”

Para uma boa adequação do aterro sanitário, devem ser considerados dados geológico-geotécnicos, que se referem à determinação dos parâmetros relacionados ao meio físico (solo e rochas). As condições de permeabilidade do solo, avaliadas a capacidade de carga e a deformabilidade do terreno de fundação, as condições de estabilidade do maciço e adjacências, a suscetibilidade do terreno à erosão e as características dos materiais de empréstimo, são de extrema importância para a correta funcionabilidade do aterro.

Esta variável se refere à capacidade de suporte do solo, e à capacidade de receber os resíduos sólidos domiciliares.

Na formação do aterro, tem importância fundamental a proporção das células de resíduo sólido. O cálculo da célula diária é importante, porque confere a proporcionalidade ao aterro,

otimizando a operação do trator e favorecendo a compactação de resíduos, além de as dimensões diárias desta célula teórica serem um indicador para o tipo de aterro a ser efetuado. Estimativas de cálculo das dimensões da célula de resíduo sólido estão determinadas em Cempre (2000).

Objetivos: estabelecer limites na capacidade de suporte do aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: dimensionar células de resíduo sólido, através de cálculos, conforme Cempre (2000).

4.2.16 Variável de entrada “permeabilidade”

Caracterizada pela permeabilidade do solo da base do aterro. Caso o solo natural não possua as características de permeabilidade desejáveis, será necessário construir uma camada de impermeabilização basal para o aterro (solo argiloso compactado ou membranas sintéticas), prevenindo-se a poluição dos recursos hídricos subjacentes.

A composição, a estrutura e a forma da camada de impermeabilização basal deverão ser compatíveis com as condições topográficas, o tipo de fundação, o aquífero subjacente, as estruturas de drenagem de percolado a serem posteriormente instaladas e as características do percolado.

Dentre os materiais comumente empregados em tratamento de base de aterros, destacam-se os solos argilosos, e as argilas compactadas e as geomembranas sintéticas. As camadas impermeabilizantes devem ser executadas com controle tecnológico e atender a características tecnológicas de permeabilidade e espessuras mínimas especificadas em norma, de modo a representar barreiras à migração de poluentes contidos no percolado (CEMPRE, 2000).

Objetivo: impedir a percolação no solo.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: fixar índice de permeabilidade conforme ABNT (1997).

4.2.17 Variável de entrada “equipamento”

Refere-se a equipamentos (caminhões, tratores, veículos, etc.) que se movimentam dentro e fora do aterro. Por exemplo, o trator de esteira, utilizado para espalhar o resíduo sólido transportado por caminhões, deve fazê-lo em camadas planas, evitando o empocamento

de águas, e já operando um adensamento da camada de resíduo sólido, que será recoberto posteriormente por camadas de solo (camadas diárias, intermediárias e finais).

Os procedimentos para a execução do tipo de obra construtivo de aterros são quase os mesmos, independentes do método seguido. Existem regras básicas para operação em aterros sanitários (CEMPRE, 2000).

Os veículos coletores são definidos conforme NBR 12980 (ABNT 1993) como coletores convencionais tipo prefeitura ou coletores compactadores.

Objetivo: dimensionar os equipamentos necessários para operação do aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: impedir o contato humano com os resíduos.

4.2.18 Variável de entrada “qualidade do recobrimento”

Refere-se à qualidade do material para recobrimento do aterro sanitário (argila para impermeabilização basal e cobertura final, solos silto-argilosos para cobertura diária e intermediária, areia, etc.). A cobertura do solo deve ser sempre aplicada, sendo sua espessura dependente da qualidade de solo utilizado.

Os materiais de cobertura utilizados também poderão influir na composição do percolato, além de interferir na sua concentração.

Diaz (1998) destaca que a camada de cobertura diária (ou intermitente) deve ter no mínimo 15 cm de solo ou de material similar, sendo ideal mistura de solo argiloso e arenoso (materiais alternativos incluem composto, material de poda picado, fração fina de entulho, lodos desidratados e certas areias de fundição).

Objetivo: utilizar solo de boa qualidade.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: misturar solo argiloso com arenoso.

4.2.19 Variável de entrada “recobrimento”

Refere-se ao sistema recobrimento dos aterros (diário, intermediário e final). A cobertura tem a função de proteger a superfície das células de resíduo sólido (minimizando impactos ao meio ambiente); controlar vetores (evitar a proliferação de moscas e mosquitos, limitar acesso de pássaros, roedores e de outros animais ao resíduo sólido); reduzir a

quantidade de água em contato com a massa de resíduo sólido (pluviosidade, escoamento superficial, fluxo superficial de percolado); reduzir a exalação de odores; reduzir a exposição de resíduo sólido à ação de catadores; minimizar o impacto visual; controlar o espalhamento e o carreamento de resíduo sólido; servir de superfície para o deslocamento de veículos (limitando danos aos pneus), eliminar a queima de resíduos e a saída descontrolada do biogás.

Entre outras características, o sistema de cobertura deverá ser resistente a processos erosivos e adequados à futura utilização da área. Porém, quanto usada em demasia, reduz a vida útil e a permeabilidade interna do aterro.

A cobertura diária ou intermitente deve ser realizada após o término de cada jornada de trabalho.

A cobertura intermediária é necessária naqueles locais em que a superfície de disposição ficará inativa por períodos mais prolongados, aguardando, por exemplo, a conclusão de um patamar para o início do seguinte.

A camada de cobertura intermediária, conforme Diaz (1988), deverá ser aplicada no local onde o resíduo sólido não receberá camada superior por mais de 30 dias. Tal camada deverá possuir espessura mínima de 30 cm, sendo nivelada para impedir empoçamento de água e ser resistente à erosão.

A camada de cobertura final será instalada quando determinada porção do aterro atingir sua cota final prevista no projeto, devendo ser compatível com o uso futuro da área.

A proteção vegetal é recomendada na cobertura final, procurando integrar o empreendimento ao meio ambiente local. A instalação de vegetação sobre a camada de cobertura final é ainda importante por aumentar a evapotranspiração, diminuindo a quantidade de chuva que se infiltra e, conseqüentemente, a quantidade de percolado gerado.

Também se deve levar em conta a disponibilidade do material para recobrimento do aterro, considerando as distâncias até a jazida e a disponibilidade ao longo da vida útil do aterro, como também a disponibilidade de material para recobrimento em dias de chuva.

Objetivo: proteger a superfície do aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: cobrir 100% os resíduos diariamente.

4.2.20 Variável de entrada “viário”

Refere-se às condições de acesso viário, bem como distâncias de vias principais e ao centro coletor. Castilhos Jr. (2003) menciona distâncias recomendadas para vias e centros urbanos. As rodovias que dão acesso ao aterro devem estar em perfeitas condições de tráfego, preferencialmente pavimentadas ou sistema de controle de poeiras. O acesso deve estar em condições de receber o resíduo sólido, mesmo em épocas de intensas chuvas. Deve ser prevista a perfeita condição de receber caminhões, conforme sua capacidade de carga.

Objetivo: manter o sistema viário em perfeitas condições de uso.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: utilizar materiais de cobertura no acesso de tal forma que permita o tráfego sob qualquer tempo.

4.2.21 Considerações sobre a perspectiva ambiental

Sob o ponto de vista da perspectiva ambiental, foram consideradas 20 variáveis de entrada no dendrograma com 14 blocos de regras. Refere-se à toda a parte operacional do aterro (paisagem, ruído e transporte), ao sistema biótico, à situação física relacionada com as variáveis solo, água e ar, e a execução da política ambiental do empreendimento.

Quanto à variável de saída solo, foram levantadas a base (com variáveis de entrada capacidade de suporte e permeabilidade), movimentação (com variáveis de entrada equipamentos e viários), e recobrimento (com variáveis de entrada qualidade de recobrimento e recobrimento).

Para a variável de saída água, foram analisados lixiviados (com variável de entrada percolado e tratamento de percolado), subterrâneas (com variável de entrada lençol freático e monitoramento de águas) e superficial (com variáveis de entrada corpos d'água e drenagem pluvial).

Na variável de saída ar, foram consideradas poeiras e emissões de gases (com variável de entrada biogás e odores).

4.3 Perspectiva Econômica

Os administradores dos resíduos sólidos urbanos devem determinar qual o objetivo econômico/financeiro e instituir indicadores que acompanhem a evolução do desenvolvimento destas metas estabelecidas.

É necessário que as unidades de negócios vinculem seus objetivos econômico/financeiros à estratégia da empresa. Estes objetivos devem servir de foco para os outros objetivos das outras perspectivas.

Ao selecionar uma medida de desempenho, é importante verificar se ela faz parte de uma cadeia de relações de causa e efeito entre os diferentes níveis, que culminam com a melhoria deste desempenho.

O objetivo econômico tem uma importância de vinculação com os demais, em função da necessidade que as empresas possuem de tornar rentáveis financeiramente suas operações. Kassai et al. (2000) citam que o lucro empresarial é necessário para que a empresa possa garantir a sua continuidade, e seu período de vida deve ser, a princípio, muito maior que o de seu dono, desejavelmente *ad eternum*.

O objetivo econômico representa a meta de longo prazo da empresa: gerar retornos superiores a partir do capital investido na empresa. Todas as demais perspectivas devem ser consideradas perante a perspectiva econômica, pois será a partir desta que se viabilizarão possíveis incrementos nas outras perspectivas. A cobrança correta pela realização do serviço de tratamento de RSU aumentará o respaldo do serviço perante a opinião pública.

Com relação à gestão dos resíduos sólidos urbanos, os aspectos financeiros são analisados sob a ótica dos custos referentes aos serviços de limpeza pública e com referência aos recursos financeiros para melhorar a qualidade dos serviços prestados, quer em forma de compra de equipamentos, quer como caminhões coletores, construção de estações de triagem, transbordo, aterro sanitário e outras melhorias na coleta, tratamento e disposição final (D'ALMEIDA, 2000).

Cabem ao município a limpeza, a remoção e o destino final dos RSU, proveniente de domicílios e atividades comerciais, conforme destacado no capítulo 2. Esta prestação de serviço público pode ser feita de forma centralizada ou descentralizada. Para o município ter o serviço executado de forma descentralizada, é necessário que os gestores tenham todo um conhecimento do valor a ser cobrado dos munícipes, e a firma contratada obtenha todas as

licenças conforme as exigências da Lei Federal 6.938/81 (Licença Prévia – LP, de Implantação – LI e de Operação – LO).

Para se conseguir uma maior agilidade quanto ao pagamento de taxas, algumas prefeituras estão partindo para a prestação de serviços de coleta e tratamento de resíduos sólidos de forma descentralizada, permitindo assim cobrança dos serviços de uma forma mais rápida, seja amigavelmente, seja por meio judicial.

É importante salientar que, para ter uma boa aproximação dos valores a serem pagos, devem-se levantar todos os custos e calcular também os custos unitários para, desta forma, prever o impacto de mudanças que podem ocorrer ou alterações introduzidas e, conseqüentemente, sobre a remuneração de serviços prestados. Assim, a estimativa torna-se bastante precisa do custo decorrente de determinada alteração, como, por exemplo, a mudança de locais de disposição final do resíduo sólido urbano.

São exemplos de custos unitários o custo quilométrico, o custo médio por tonelada coletada e o custo médio por pessoa atendida. Estes custos unitários também podem estar relacionados para determinar a eficiência de um veículo, roteiro ou distrito de coleta, bastando agregar os custos variáveis por veículo, roteiro ou distrito e ratear o custo fixo pela quilometragem correspondente (CEMPRE, 2000).

- custo quilométrico – é obtido dividindo-se o custo anual (mensal) total de coleta, incluindo-se os custos fixos e variáveis, pela quilometragem total percorrida em um ano (em um mês) pelos veículos;
- custo por tonelada – da mesma forma, o custo médio por tonelada é obtido dividindo-se o custo total de coleta, de um período, pela quantidade total de resíduo sólido urbano coletado, em toneladas.
- custo por pessoa atendida – o custo médio por pessoa atendida é obtido dividindo-se o custo total de coleta, de um período, pelo número de pessoas atendidas.

Como exemplo, podemos visualizar o Quadro 10, referente a custos de diversas cidades brasileiras.

Quadro 10: Tipo e custos da destinação final

CIDADE	TIPO/DISPOSIÇÃO FINAL	GESTÃO	R\$/Ton
Recife - PE	Aterro Controlado da Muribeca	Municipal	6,04 ₁
Biguaçu - SC	Aterro Sanitário da Formaco	Terceirizada	Ñ inform.
Rio de Janeiro - RJ	Aterro Controlado de Gramacho	Terceirizada	5,06 ₁
Rio de Janeiro - RJ	Aterro Controlado Zona Oeste	Municipal	6,78 ₁
Fortaleza - CE	Aterro Sanitário de Caucaia	Terceirizada	5,80 ₁
Fortaleza - CE	Aterro Sanitário de Aquiraz	Terceirizada	7,20 ₁
Goiânia - GO	Aterro Controlado de Goiânia	Terceirizada	10,00 ₁
Belo Horizonte - MG	Aterro Remediado de BH	Municipal	10,82 ₁
Porto Alegre - RS	Aterro Sanitário da Extrema	Municipal	18,00 ₂
Porto Alegre - RS	Aterro Sanitário Metrop. Santa Tecla	Municipal	18,00 ₂
Itaquaquecetuba - SP	Aterro Sanitário de Itaquaquecetuba	Terceirizada	Ñ inform.
Mauá - SP	Aterro Sanitário de Mauá	Terceirizada	Ñ inform.
São Paulo - SP	Aterro Sanitário São João	Terceirizada	18,00 ₁
Santo André - SP	Aterro Sanitário	Municipal	13,00 ₁
União da Vitória -PR	Aterro Sanitário	Municipal	17,46 ₁
Salvador - BA	Aterro Sanitário Metropolitano	Municipal	15,00 ₁
Palmas - TO	Aterro Sanitário	Municipal	90,00 ₁
Araguaína - TO	Aterro Sanitário	Municipal	41,67 ₂
Guarai -TO	Aterro Sanitário	Municipal	33,33 ₂
João Pessoa - PB	Aterro Controlado	Municipal	4,00 ₂

1 Dados fornecidos em março de 2001; 2 Dados fornecidos em agosto de 2002.

Fonte: Dziedicz (2003)

Do dendrograma do apêndice B, retira-se a perspectiva econômica, mostrada na Figura 13.

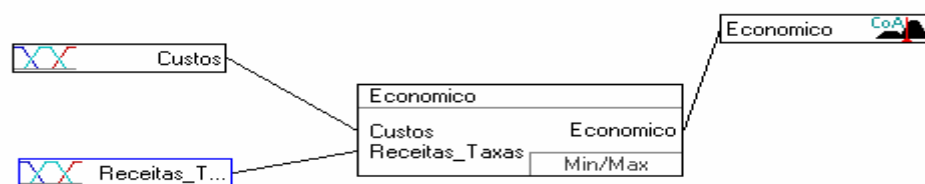


Figura 13: Perspectiva Econômica

Fonte: o autor

A Tabela 12 apresenta a estatística do dendrograma da perspectiva econômica.

Tabela 12: Estatística da perspectiva econômica

Elementos do dendrograma da perspectiva econômica	Quantidade
Variáveis de entrada	2
Variáveis de saída	1
Variáveis intermediárias	1
Blocos de regras	1
Regras	9
Funções de pertinência	12

Fonte: o autor

Objetivo: o sistema de resíduos sólidos urbanos deve procurar ter sua estrutura financeira de modo a apresentar retorno que cubra seus custos.

Indicador: inadequada, crítica, adequada.

Meta: ROI – Retorno sobre o investimento

- menor que os custos – aprimorar;
- igual aos custos – satisfatório (dar continuidade);
- maior que os custos – bom (verificar extrapolações).

4.3.1 Variável de entrada “custos”

Conforme Castilhos Jr. (2003), os custos de operação do aterro são a somatória dos seguintes elementos de custo: mão-de-obra, equipamentos, despesas gerais, serviços de Engenharia, custos imprevistos, baseados na metodologia desenvolvida no programa Sades, elaborado pela UFSC.

Objetivo: especificar os custos referentes ao aterro sanitário.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: levantar 100 % dos custos.

4.3.2 Variável de entrada “receitas/taxas

Costa e Meloo (1997, *apud* BENETTI, 2000) observam que, na maioria das vezes, é inviável cobrir os custos apenas com uma tarifa, que poderá ser para muitos municípios proibitiva em função do real valor. Sendo assim, o poder público assume os custos, através de investimentos com recursos orçamentários nos sistemas, e as tarifas cobrem os custos

operacionais e de depreciação. Buscam-se, então, meios de obter-se empréstimos e financiamentos a fundo perdido, junto aos orçamentos estadual e federal.

Segundo Slomp (1999), basicamente existem três formas de tributar os RSU:

1) “A cobrança por m²” de área construída que, apesar de ser a mais utilizada pelos municípios brasileiros, é a mais questionada, já tendo um grande número de sentenças judiciais que a condenam;

2) “O metro da testada do imóvel”, questionado em função de ser uma residência ou um edifício de apartamentos que tenham a mesma largura de frente de terreno;

3) Frequência de coleta, não considerando a quantidade gerada.

Alguns países, como é o caso da Alemanha, cobram pelo peso da quantidade gerada. Já na capital paulista, o município foi consultado, através de questionário, sobre qual a quantidade estimada de resíduos produzida, e a Prefeitura utilizou uma média para cálculo de pagamento para cada residência.

Objetivo: procurar meio de financiamentos e cobrança dos usuários do sistema.

Indicadores *Fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: cobrir 100 % dos custos.

4.3.3 Considerações sobre a perspectiva econômica

Na perspectiva econômica, foram consideradas duas variáveis de entrada: custos e receitas. Como é do município o serviço de coleta e destino final dos resíduos sólidos urbanos, existe uma tendência de que este serviço seja prestado por empresas especializadas. Mesmo sendo terceirizado, o levantamento de custos é extremamente importante, pois refletirá na cobrança justa da taxa de limpeza urbana, permitindo que a receita cubra as despesas do sistema aterro sanitário.

4.4 Perspectiva Social

A abordagem da perspectiva social é identificar as etapas mais críticas para a realização dos objetivos e indicadores para depois formulá-los para as outras perspectivas.

Os RSU estão em função de vários aspectos da rotina diária do homem. A resolução de problemas dos resíduos exige mudanças, não só do aspecto técnico, mas também no âmbito do ambiente social.

É evidente que, ao enfrentar a problemática dos resíduos sólidos urbanos, são necessários conhecimentos técnicos-científicos, recursos humanos eficientes e disponibilidade financeira. Porém, acima de tudo, é necessário que a sociedade participe, esteja conscientizada a respeito dos resíduos e compreendendo que assumir responsabilidades e mudanças de atitudes pode ser necessário para a efetiva solução do problema.

Nesta perspectiva, a educação ambiental é componente indispensável para a solução de problemas de saúde e de saneamento, não somente na divulgação de conhecimento elementar que envolve a questão, mas também por meio da formação de costumes, práticas, e responsabilidades adotados pela população, que ajudará na eliminação dos meios de transmissão de doenças que resultam principalmente do homem em relação ao ambiente em que vive.

É importante que os conhecimentos sobre a educação ambiental também sejam transmitidos para as pessoas que trabalham diretamente com os RSU, através de programas e treinamentos, com o objetivo de os servidores da organização compreenderem o componente educativo, dentro de cada atividade, e que eles são pessoas responsáveis e preservadores da saúde da população.

Com relação aos funcionários, é interessante que a perspectiva seja concebida com base nas seguintes categorias, conforme Quadro 11.

Quadro 11: Perspectiva Social em relação aos funcionários

Categorias	Atividades
Capacidade dos Funcionários	Desenvolvimento de suas capacidades para satisfazer, reter e produzir.
Capacidade de Sistemas de Informação	Dar conhecimento da evolução no sistema de tratamento dos RSU.
Motivação	Motivar constantemente, permitindo que possa sugerir modificações.

Fonte: adaptado de Kaplan e Norton (1997)

Outro aspecto a ser considerado na perspectiva social é o problema das pessoas que vivem em função da retirada de produtos (metais, papel, vidros, plásticos), ou mesmo de

restos de comida contidos nos RSU, principalmente quando estas pessoas se encontram dentro de aterros sanitários (catadores de resíduo).

Do dendrograma do Apêndice B, tem-se a perspectiva social, conforme a Figura 14.

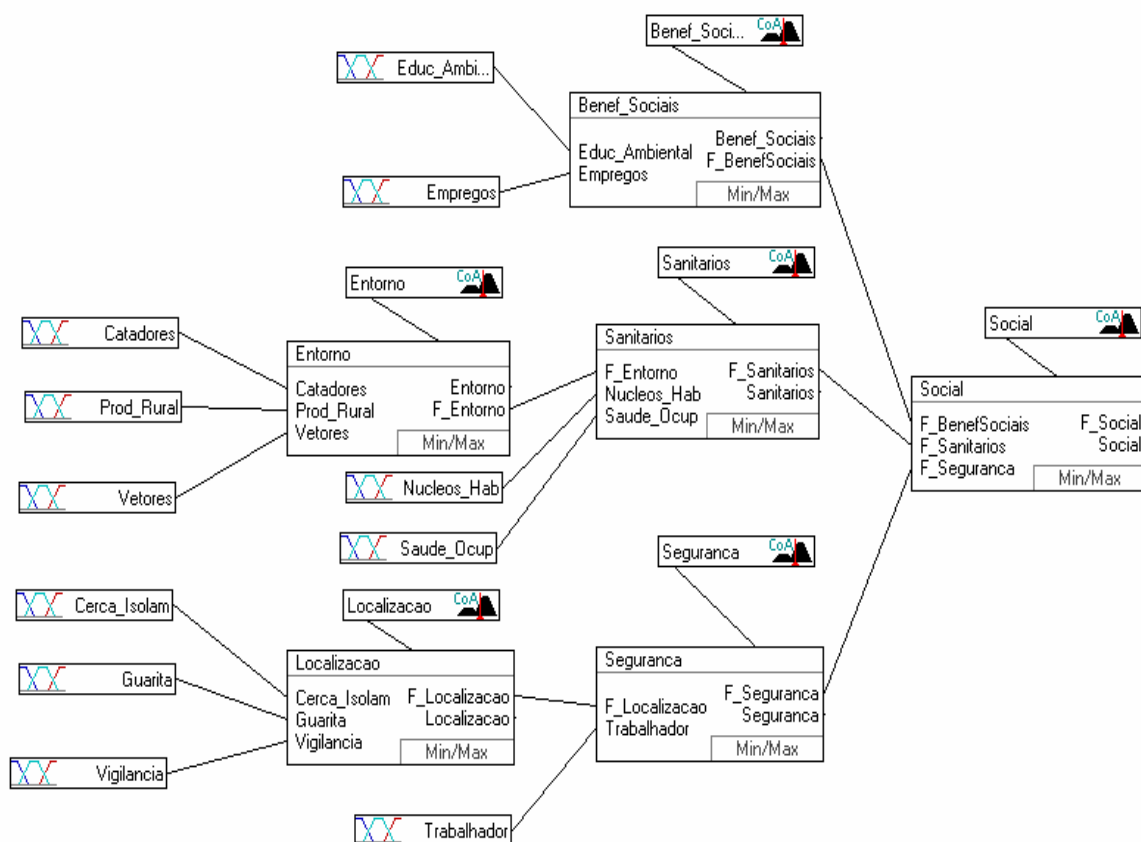


Figura 14: Perspectiva Social

Fonte: o autor

Na Tabela 13, é apresentada a estatística da perspectiva social.

Tabela 13: Estatística da perspectiva social

Elementos do dendrograma da perspectiva social	Quantidade
Variáveis de entrada	11
Variáveis de saída	6
Variáveis intermediárias	5
Bloco de regras	6
Regras	195
Funções de pertinência	64

Fonte: o autor

O grande desafio desta perspectiva é procurar reduzir o impacto social causado pela utilização do aterro sanitário, atingindo a confiança da sociedade dos benefícios pelo correto emprego do sistema.

Objetivo: instituir um plano de esclarecimento junto à população e aos trabalhadores sobre a importância do correto manejo dos resíduos sólidos urbanos.

Indicador *fuzzy*: inadequada, crítica, adequada.

Meta: transmitir as ações em relação aos resíduos sólidos para todos os colaboradores da empresa, com cronograma de implantação, calendário de palestras para a comunidade, cronograma de visitas escolares ao sistema de tratamento dos resíduos e eliminação da presença de catadores.

4.4.1 Variável de entrada “educação ambiental”

Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimento, habilidade, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem como de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1977).

Consoni (2001, apud SATO, 1994), reproduzindo conceito da Unesco e Unep (1983 e 1990), define educação ambiental como processo de reconhecimento de valores e elucidação dos conceitos que levam a desenvolver as habilidades e as atitudes necessárias para entender e apreciar as inter-relações entre os seres humanos, suas culturas e seu meio físico. A educação ambiental também envolve a prática para as tomadas de decisões e para as autoformulações de comportamentos sobre os temas relacionados com a qualidade do meio ambiente.

A educação ambiental é o elo mediador entre os anseios da sociedade e as políticas governamentais. A sua prática deve contar, necessariamente, com a participação dos segmentos sociais interessados na formulação, execução e avaliação das ações educativas, garantindo a transparência dos atos governamentais e mantendo condições institucionais compatíveis que permitam o acesso da sociedade às informações sobre todas as questões que permeiam e perpassam os temas ambientais.

A educação ambiental aplicada ao setor de resíduos sólidos é extremamente incipiente, com carência desde materiais sobre o assunto (livros, cartilhas, etc.) até de maior número de profissionais conscientes da necessidade de intervenções mais amplas, privilegiando a ação preventiva, ou seja, questionando os hábitos de consumo atuais ou rediscutindo as intervenções de fim de ciclo, após a instalação do impacto negativo. Outro aspecto de

interesse são as possibilidades de promover a geração de renda neste setor, por exemplo, fomentando a colaboração do cidadão com as associações de catadores de materiais, incentivando indústrias recicladoras, etc. (BARCIOTTE, 1994).

Demajorovic (1998) destaca que uma qualidade adicional dos programas de conscientização é a possibilidade de propagação dos conceitos assimilados para outras atividades dos indivíduos. Por exemplo, um programa de separação de recicláveis nas residências favorecerá a transferência deste comportamento também para o dia-a-dia no ambiente de trabalho, e vice-versa. O autor citado destaca que o maior problema dos programas de conscientização ambiental é a falta de previsibilidade dos resultados esperados.

A conscientização da população é ponto fundamental na questão dos resíduos sólidos urbanos, e um ponto que deve ser explorado é a educação ambiental, desmistificando o aterro sanitário como sendo um local impróprio, isto é, um lixão. Um sistema de visitação escolar, por exemplo, orientado com animações, local adequado para projeções, palestras, rotas de caminhadas ao longo do aterro, poderá contribuir para apagar um pouco a idéia negativa do aterro sanitário.

Objetivo: conscientizar a população sobre o RSU.

Indicador *fuzzy*: inadequada, crítica, adequada.

Meta: instituir cronograma de palestras e visitas ao aterro.

4.4.2 Variável de entrada “emprego”

O aterro sanitário pode envolver uma série de trabalhadores tanto do entorno, dando perspectivas para os catadores de resíduos, bem como para um sistema de coleta seletiva.

Na maioria dos municípios brasileiros, há pessoas vivendo no lixo. São catadores de rua ou coletores de sucata e papelão. Também há famílias inteiras que sobrevivem nos lixões, recolhendo restos de comida e outros materiais.

Mais de 100 mil pessoas, incluindo crianças e adolescentes, trabalham na catação, tendo-se, em alguns lugares, três gerações de uma mesma família vivendo no e do lixo. A situação destas pessoas é extremamente cruel: expostas a doenças através de vetores (moscas, ratos, baratas), mutilações e risco de vida. Elas estão privadas de educação, lazer, moradia, saúde, afeto e convivem com marginalidade, prostituição, uso indevido de drogas, sem qualquer perspectiva de um futuro digno (CEMPRE, 2000).

Para reverter este quadro, o Programa Lixo e Cidadania, uma iniciativa do Unicef em parceria com várias entidades, dentre elas BNDES, CEF, Ministério Público, Ministério do Meio Ambiente, pretende favorecer alternativas sociais para que nenhuma criança tenha que sobreviver da catação de resíduos, e, no caso dos adultos, que o possam fazer de forma digna e em outras condições de trabalho. Além disso, querem desencadear ações que ofereçam novas perspectivas para a destinação final dos resíduos sólidos.

O ponto central de programas que busquem alternativas sociais para que nenhuma pessoa tenha que sobreviver da catação de resíduo de forma degradante é a geração de emprego. A criação de postos de trabalho na Prefeitura e na comunidade, e a formação de cooperativas de triagem ou beneficiamento de materiais são opções que devem ser implementadas de acordo com a capacidade de cada município.

Objetivo: empregar pessoas do entorno do aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: atingir 100% de trabalhadores com vínculo empregatício no aterro.

4.4.3 Variável de entrada “catadores”

O lixo é na realidade resíduo sólido não utilizado em determinada circunstância, mas passível de ser utilizado em outras, o que significa que é essencialmente uma matéria-prima com valor comercial. Este valor comercial será tanto maior quanto for a qualidade do produto reciclado, uma vez que em regra geral todo produto misturado tem uma depreciação. O fato de ser uma fonte de matéria-prima leva milhares de pessoas a se dedicarem à profissão de catadores de resíduos, em processos de trabalho com baixa produtividade e baixa rentabilidade, insalubres e aviltantes da dignidade dos trabalhadores.

Os dejetos humanos em fraldas descartáveis, material hospitalar ou de higiene íntima se acumulam nos depósitos de resíduos e contaminam o solo e a água, e resultam em focos de doença. A propagação de agentes infecciosos através dos cursos d’água, da proliferação de insetos e roedores e a partir do acesso direto dos catadores do resíduos pode fazer eclodir surtos de doenças tais como diarreia infantil, hepatite, cólera, febre tifóide, disenteria aguda e parasitoses intestinais.

A catação de resíduos, infelizmente, representa uma opção de vida de milhares de brasileiros. Muitos não conhecem outra forma de viver, tendo sido criados em barracos em volta do lixo.

Estes grupos obtêm sua renda através da catação dos componentes recicláveis do lixo, que são vendidos a sucateiros. Incluindo as famílias destes trabalhadores e os pequenos comerciantes, estas comunidades são numerosas no Brasil.

A renda do catador de lixo varia em função da composição do resíduo e do número de catadores. Quanto mais embalagens forem encontradas no lixo, mais eles ganham. Em muitos locais, a renda supera o salário mínimo. As condições de trabalho, embora extremamente insalubres, proporcionam uma liberdade de horário de trabalho e de comportamento inexistente em empregos fixos. Portanto, muitos catadores recusam oportunidades de empregos na cidade, preferindo ficar no lixo.

Objetivo: eliminar a presença de catadores no aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: eliminar 100% a presença de catadores no aterro.

4.4.4 Variável de entrada “produtos rurais”

Solos contaminados levam à incorporação destes químicos nas plantas. A adesão ao caule e às folhas, a absorção direta pela raiz, a deposição de cinzas nas folhas obstruindo os estomas e impedindo a troca de gases, e o contato com os vapores tóxicos podem ter efeitos letais e subletais na flora e fauna.

A migração de químicos das raízes para os frutos e sementes é geralmente baixa. Todavia, nas culturas em que o objetivo é a obtenção de folhas, o transporte de químicos para as folhas pode ser importante. Os danos nas plantas podem se manifestar como mudanças na sua estrutura, danos tissulares, cor das folhas, ou efeitos mais sutis como atrasos no crescimento. Tóxicos como o ácido nítrico, ácido sulfúrico, óxido de enxofre e óxidos de nitrogênio podem causar chuvas ácidas, causando a morte de certos organismos e alterando o equilíbrio do ecossistema. Gases como o dióxido de enxofre afetam o crescimento das plantas e, em concentrações subletais, podem provocar dano nas folhas. O mesmo acontece com o ozônio. Alguns agentes gasosos podem ser absorvidos pela cutícula das folhas e levar a um aumento da perda de água. Além disso, a exposição a agentes tóxicos predispõe as plantas a um ataque de fungos e insetos.

Objetivo: impedir a migração de substâncias contaminantes do aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: monitorar a existência de migração de substâncias indesejáveis para fora do aterro.

4.4.5 Variável de entrada “vetores”

Refere-se à presença de vetores factíveis na transmissão de doenças (como gatos, cachorros, galinhas, porcos, bois, etc.) dentro do aterro sanitário.

O aterro sanitário é também uma fonte de alimentação de muitas aves, principalmente urubus e gaivotas. Destinação final de resíduos sólidos urbanos não é apenas uma questão de saúde pública. Existem recomendações que os aterros sanitários estejam a uma distância de pelo menos 20 quilômetros de grandes aeroportos (Resolução 04 do Conselho Nacional de Meio Ambiente).

Outros animais, de presença indesejável, podem estar presentes nos aterros, inclusive sendo causadores de vetores de doenças, conforme Quadro 12.

Quadro 12: Doenças causadas por animais que vivem nos resíduos sólidos urbanos.

Animal	Modo de transmissão	Doença
Rato	Mordida, pulga e urina	Tifo, peste, leptospirose
Mosca	Contaminação dos alimentos	Febre tifóide, verminose e gastroenterite
Barata e formiga	Contaminação dos alimentos	Febre tifóide, giardíase e outras
Escorpião	Picada	O veneno pode matar
Mosquito	Picada	Dengue, malária, febre amarela, leishmaniose

Fonte: <http://www.ose.g12.br/vantagen.htm>

Objetivo: eliminar a presença de animais no aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: procurar minimizar presença de qualquer animal no aterro.

4.4.6 Variável de entrada “núcleos habitacionais”

Refere-se à distância dos núcleos habitacionais com relação ao aterro. Apesar de não possuir limites definidos, alguns autores definem uma distância mínima de 500 m de núcleos habitacionais. Os principais incômodos para a população localizada próxima ao aterro sanitário são:

- mau cheiro: quando o aterro e a usina não são bem operados e os núcleos habitacionais encontram-se na direção dos ventos dominantes;
- tráfego pesado de caminhões: em cidades mais populosas, este pode vir a ser um grave fator, pois coloca em risco a segurança das pessoas, podendo aumentar a incidência de doenças respiratórias pelo aumento de partículas sólidas em suspensão;
- aspectos estéticos: se a descarga dos caminhões de resíduos sólidos urbanos e a frente de trabalho do aterro estiverem localizadas num ponto de visão da população vizinha;
- barulho: dependendo da proximidade e do tamanho do aterro, o barulho dos caminhões e máquinas pode perturbar a população próxima;
- atração de vetores (notadamente insetos e roedores), provocada pelo alimento e pelo abrigo que os resíduos sólidos representam. Sua presença significa um risco à saúde pública;
- existência de substâncias tóxicas, agressivas ou perigosas comprometendo o meio ambiente e a saúde pública;
- a contaminação do lençol freático, de onde pode se estar retirando água para abastecimento ou irrigação;
- desvalorização econômica dos terrenos situados próximos a estas áreas.

Objetivo: distanciar o aterro de núcleos habitacionais.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: estabelecer uma distância mínima de 500 m para núcleos habitacionais.

4.4.7 Variável de entrada “saúde ocupacional”

Refere-se ao conjunto de medidas necessárias para proteger os funcionários de perigos e riscos representados pelas suas condições de trabalho. Trata do controle de exames periódicos

a serem realizados nos funcionários que estão trabalhando diretamente ou indiretamente no aterro.

Objetivo: controlar a saúde dos trabalhadores.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: fazer exames preventivos em 100% dos trabalhadores.

4.4.8 Variável de entrada “cerca isolamento”

Trata de cercas compostas, preferencialmente, por telas de arame galvanizado e mourões de concreto para evitar a entrada de animais que poderão fazer do aterro a sua base de sustentação e posteriormente possíveis transmissores de doenças, bem como de pessoas não autorizadas, incluindo vândalos e catadores de resíduos sólidos.

A arborização em torno da área (cinturão verde) tem a finalidade de evitar impactos visuais negativos ao público externo e também otimizar a dispersão vertical do biogás e de odores. É conveniente o plantio de árvores e arbustos de pequeno e médio portes, preferencialmente nativos, para conseguir uma barreira de isolamento compacta, desde a base até o topo, evitando-se o chamado efeito paliteiro (típico de barreiras vegetais constituídas por eucaliptos adultos, por exemplo, que não cumprem adequadamente a função de isolamento visual).

O plantio de árvores, ao longo do perímetro do empreendimento, além de ser funcional esteticamente, também propicia a atenuação da propagação de ruídos.

Objetivo: impedir a entrada de pessoas estranhas ao aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: cercar e arborizar 100% o aterro.

4.4.9 Variável de entrada “guarita”

Trata-se de portaria de entrada, com balança rodoviária, onde o caminhão deve ser pesado antes e depois da descarga, para se ter controle do volume diário/mensal disposto no aterro sanitário. Também é conveniente que neste local o resíduo seja inspecionado por pessoa qualificada, com o objetivo de evitar a entrada de materiais incompatíveis com o aterro sanitário (tais como resíduos perigosos, que devem ser dispostos para aterros industriais).

Outro aspecto relevante a ser considerado é a limpeza das rodas dos veículos que saem do aterro, através de lavagem e desinfecção, para não haver o arraste de materiais contaminados para fora.

Objetivo: registrar toda entrada/saída de pessoas e RSU no aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequada, crítica, adequada.

Meta: controlar 100 % a entrada de pessoas/veículos e RSU no aterro.

4.4.10 Variável de entrada “vigilância”

Refere-se a pessoal que deve fazer a vigilância em toda área cercada do aterro sanitário, verificando possíveis pontos de invasão de animais ou seres humanos. Esta vigilância deverá ocorrer continuamente, fornecendo uma adequada garantia ao sistema de segurança do aterro.

Também devem ser posicionados pontos de iluminação em áreas críticas de fácil acesso ao aterro, para um maior controle.

Objetivo: vigiar o aterro.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: vigiar 24 horas por dia o aterro.

4.4.11 Variável de entrada “trabalhadores”

Trata dos trabalhadores em geral, relacionados tanto ao transporte como aos riscos associados às condições de trabalho dos operários em aterros sanitários, expostos a biogás, fogo, explosões, poeira, substâncias infecciosas presentes nos resíduos sólidos, acidentes durante o transporte dos resíduos sólidos, acidentes com máquinas em geral, efeitos da vibração de veículos sobre motoristas que atuam na área do aterro, bem como questões relativas a procedimentos para trabalhos em condições adversas (chuvas) e horários de trabalho.

Wilhelm (1999) destaca que, para obter locais de trabalho seguros e livres de riscos à saúde, quatro etapas devem ser cumpridas:

- a) identificação dos perigos e riscos à saúde;
- b) implementação de medidas diretas de segurança, ou seja, daquelas que visam à eliminação dos riscos;

- c) implementação de medidas indiretas de segurança, ou seja, aquelas que visam ao isolamento ou ao retardamento de situações de riscos, nos quais a eliminação não for possível (por exemplo, a eliminação do biogás);
- d) implementação de medidas orientadoras de segurança (para o uso de equipamentos de proteção individual – EPI específicos, por exemplo).

Objetivo: garantir a segurança dos trabalhadores.

Indicador *fuzzy*: inadequado, crítico, adequado.

Meta: fazer campanhas educativas sobre uso de EPIs e respeitar a sinalização.

4.4.12 Considerações sobre a perspectiva social

Na perspectiva social, foram levantados onze variáveis de entrada e seis blocos de regras. Refere-se ao ambiente social, onde a sociedade deve ser conscientizada a respeito dos resíduos, assumindo responsabilidades sobre a efetiva solução do problema.

Com relação ao dendrograma, tem-se como variável de saída Benefícios Sociais (com variáveis de entrada educação ambiental e empregos), Sanitários (com variáveis de entrada entorno, núcleos habitacionais e saúde ocupacional), Entorno (com variáveis de entrada catadores, produção rural e vetores), segurança (com variáveis de entrada localização e trabalhadores) e Localização (com variáveis de entrada cerca isolamento, guarita e vigilância).

4.5 Considerações

Neste capítulo, foi realizada a caracterização da área de estudo, do levantamento das variáveis de entrada, que permitirá determinar se as três perspectivas: ambiental, social e econômica vão indicar a viabilidade de adequação de um aterro sanitário.

No próximo capítulo, será apresentada a aplicação do método de apoio à decisão, na avaliação de adequabilidade de um aterro sanitário, utilizando Lógica *Fuzzy*.

Serão levantadas todas as trinta e três variáveis de entrada que, conforme especialistas da área, representam a operacionalidade de um aterro sanitário. Os dados serão levantados com o apoio de *checklist* aplicado diretamente em cada perspectiva, perfazendo um total de cento e quarenta e oito perguntas, respondidas por pessoal especializado da empresa que opera o aterro.

A interação das variáveis de entrada, coletadas através do *checklist*, com o dendrograma, resultará em variáveis de saída, que, por sua vez vão determinar cada uma das três perspectivas, ambiental, econômica e social, resultando na conclusão da adequabilidade do aterro sanitário.

CAPÍTULO 5

APLICAÇÃO DO MÉTODO EM UM ATERRO SANITÁRIO

Para testar sua viabilidade, o método foi aplicado num aterro na cidade de Joinville, que já foi referência nacional no que diz respeito à gestão dos resíduos sólidos, cujo marco inicial foi a implantação, em 1982, do Aterro Sanitário Municipal, no Distrito Industrial da Zona Norte em Joinville.

A cidade foi fundada em 1851, denominada inicialmente como Colônia Dona Francisca, passando a denominar-se Joinville um ano depois.

A história de Joinville tem ligação direta com a história de sua indústria, dada a influência do imigrante, portador de conhecimentos técnicos trazidos de uma sociedade industrial de forte ideologia capitalista.

Em 1940, Joinville já era o maior centro industrial do Estado. A partir desta época, a comunidade, até então fechada, passa por uma gradativa mudança em sua estrutura com a evolução do fluxo migratório, que alcança seu ápice na década de 70, resultando na proliferação das pequenas e médias empresas e, em consequência, aumentando os outros tipos de empresas que compõem o sistema econômico local.

Na década de 80, a crise econômica do País começa a se refletir na estrutura social e continua até os dias atuais. Crescem em Joinville os problemas sociais causados pelo aumento da população migrante, que busca melhores condições de vida nas cidades industriais.

Joinville é o município mais populoso e industrializado de Santa Catarina, com um parque fabril de aproximadamente 1.500 indústrias, empregando 58 mil funcionários, e cresce em média 5,67 % ao ano (Figura 15).

Com uma dimensão territorial de 1.120,68 km², possui uma densidade demográfica de 350 hab/km². Tem uma população de 492.696 habitantes, segundo censo do IBGE (2002), sendo 96,22% na área urbana. Possui um índice de crescimento populacional anual de 2,0% (PMJ, 2003).

Como todos os centros urbanos que apresentam altas taxas de crescimento, a cidade também enfrenta os problemas típicos, onde não há infra-estrutura necessária para atender a todas as necessidades básicas da população.

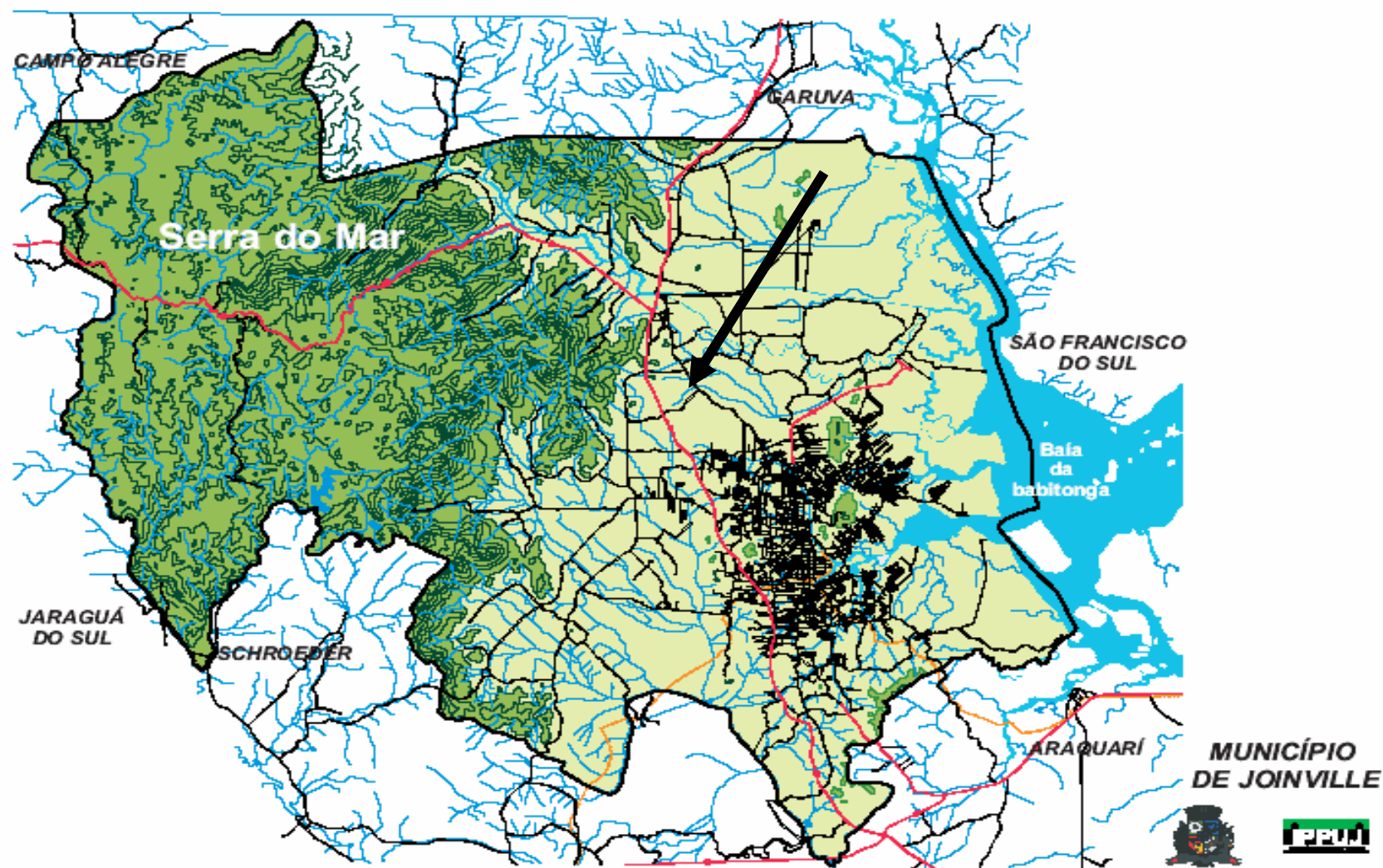


Figura 15: Município de Joinville
Fonte: IPPUJ, 2002

Um dos pontos a ser considerado, neste desenvolvimento da cidade, é o tratamento a ser dado aos resíduos sólidos, que necessitarão de uma disposição final, cujo destino será o aterro sanitário.

O aterro sanitário de Joinville foi o primeiro no Estado de Santa Catarina a obter a Licença Ambiental de Operação, trazendo para o município o troféu Fritz Müller, concedido pela Secretaria do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente – Seduma, junto com a Fundação de Amparo e Tecnologia do Meio Ambiente – Fatma, em outubro de 1987, prêmio este somente destinado a entidades que trabalham em benefício do meio ambiente.

A necessidade de modernização do sistema, expansão e melhoria no atendimento à população, a dificuldade de alocar recursos, a inadimplência dos munícipes no pagamento do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, do qual uma parcela se destina ao pagamento de limpeza e conservação, e as seguidas paralisações dos funcionários públicos, levaram o município de Joinville a terceirizar os serviços de limpeza urbana, em setembro de 1990, numa iniciativa pioneira no Estado.

Os serviços terceirizados foram iniciados pela coleta de lixo domiciliar e, progressivamente, implantados os serviços de coleta hospitalar, coleta rural, varrição simples de vias públicas e destinação final em aterro sanitário.

A empresa responsável pelos serviços de terceirização é a Engepasa Ambiental, com sede na Rua Lages, 323, em Joinville – SC.

O aterro situa-se junto à Estrada Cometa nos domínios do Distrito de Pirabeiraba, distante 11,0 km do centro da cidade, e seu acesso pode se dar pela estrada Dona Francisca, pela BR-101 ou pelo acesso norte da cidade.

Dispondo de uma área superficial de 184.737 m², com a topografia original acidentada, com desnível de 41,00 m entre as cotas mínima de 17,00 m e máxima de 58,00 m (Figuras 16 e 17).

Atualmente, sua configuração topográfica mostra-se alterada em virtude da quantidade de resíduos já depositados. Isto pouco modificou esteticamente a região do entorno, pois continua com as características similares àquelas verificadas quando da implantação do aterro.



Figura 16: Aterro Sanitário

Fonte: Engepasa Ambiental



Figura 17: Aterro Sanitário

Fonte: Engepasa Ambiental

5.1 Caracterização da Área do Aterro

Dos 184.737 m² do aterro sanitário, tem-se (Tabela 14), a seguinte distribuição:

Tabela 14: Distribuição da Área do Aterro Sanitário

Área de depósito de resíduos já esgotada	127.011 m ²
Instalação da administração	9.013 m ²
Área de jazida	3.800 m ²
Área das lagoas de estabilização	13.750 m ²
Área para depósito em utilização	11.800 m ²
Área em depósito em ampliação	14.864 m ²
Área remanescente	4.499 m ²
Total	184.737 m ²

Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville, 2003

O índice pluviométrico para a microregião de Joinville, segundo dados da estação meteorológica de Joinville (DNAEE), é de 2.500 mm/ano, e a umidade relativa do ar é de aproximadamente 87% (1939-1983).

A temperatura tem como máxima 37° C, 8,5° C de mínima, com uma média de 24° C.

As direções predominantes do vento são leste (E), sudoeste (WE) e nordeste (NE).

A área do aterro está inserida na bacia hidrográfica do Rio Cubatão, sendo o Mississipe, com nascente localizada dentro da área do aterro, seu afluente da margem direita.

A área circundante ao empreendimento caracteriza-se por possuir densa vegetação, típica de baixada litorânea. Além desta vegetação, a aproximadamente 800 (oitocentos) metros ao sul da área do aterro, localiza-se reflorestamento com *pinus elliotis*.

A área destinada ao aterro já foi completamente desmatada, e num raio de 1.500 metros do seu centro, existem atualmente algumas residências de baixo padrão, não existindo conjuntos ou núcleos habitacionais.

O local onde está localizado o aterro é um antigo depósito de resíduos, sem que se tenha feito uma impermeabilização do solo.

É caracterizado como tipo “área”, sendo cercado com alambrados em toda sua extensão, com vigilância permanente.

Há somente um acesso ao aterro, com guarita, balança rodoviária e sistema de lavagem das rodas na saída dos veículos.

O acesso da via principal (Rua Dona Francisca) até o aterro (Estrada Cometa) é em chão batido, coberto com seixo.

Todos os acessos dentro do aterro são cobertos com seixo, não existindo maiores dificuldades em dias de condições meteorológicas adversas.

Basicamente, tem-se três frentes de depósitos no aterro: varrição, poda e entulho; lixo hospitalar e resíduos sólidos urbanos.

Apesar de existir coleta seletiva na cidade, ainda grande quantidade dos resíduos são inorgânicos (aproximadamente 40%), e não há sistema de compostagem.

O recobrimento é realizado regularmente em dias de boas condições climáticas, sendo prejudicado em dias de chuva. A jazida do material para recobrimento é nas proximidades do aterro, e não há disponibilidade de material para recobrimento em dias de chuva.

Os resíduos são espalhados e compactados por trator de esteira, formando uma célula de 3,70 a 4 m de altura, que é coberta com camada de barro (Figura 18).



Figura 18: Recobrimento dos resíduos

Fonte: Engepasa Ambiental

A inclinação do talude é de aproximadamente de 45°, compactado com retroescavadeira e plantio de grama (Figuras 19 e 20). As águas superficiais são drenadas através de canaletas e direcionadas para o corpo receptor, não havendo contato com o percolado.

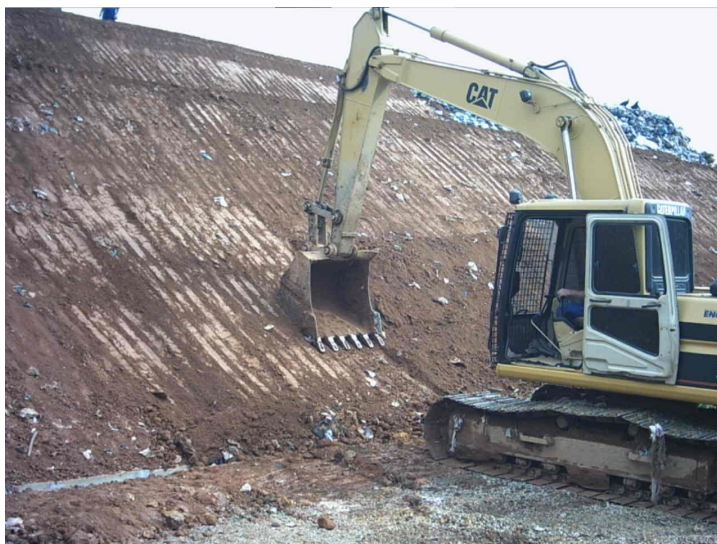


Figura 19: Compactação do talude

Fonte: Engepasa Ambiental



Figura 20: Plantio de grama

Fonte: Engepasa Ambiental

O percolado é coletado através de dreno e direcionado para as lagoas de tratamento. O biogás é drenado e queimado (Figura 21). Não há presença de catadores, animais domésticos e vetores. Existe somente a incidência de urubus e algumas gaivotas.



Figura 21: Queima de gases

Fonte: Engepasa Ambiental

No aterro, são controladas as visitas, a precipitação pluviométrica e a quantidade de resíduos que entram. Também existe o monitoramento mensal, com quadro das condições climáticas, vazão – sistema de tratamento, análises físico-química e bacteriológica do chorume.

Não é permitida a entrada de pessoas não autorizadas. Os trabalhadores não têm contato com o resíduo sólido, e a movimentação dos resíduos é totalmente mecanizada.

O aterro tem previsão de utilização para mais 15 meses, quando serão encerradas suas atividades.

Dentro da própria área do aterro, existe local definido para a próxima disposição dos resíduos, local este já devidamente impermeabilizado, com área de 15.000 m², com LAO – Licença Ambiental de Operação já autorizada e estimativa de disposição por mais dez meses.

O novo sistema de tratamento do percolato (tratamento físico, químico e biológico) tem previsão para início de operação para daqui a oito meses.

A futura ampliação do aterro já tem LAP – Licença Ambiental Prévia e fica na vizinhança da área do atual aterro, com vida útil estimada em 15 anos.

A Tabela 15 detalha a evolução dos resíduos sólidos urbanos no município de Joinville no período de 2000 a 2003.

Tabela 15: Evolução dos Resíduos Sólidos

ANO	FATOR	COLETA DOMICILIAR (ton)	ATERRO SANITÁRIO (ton)
2000	Total-ano	96.335,55	155.360,30
	Média mensal	8.027,96	12.946,69
	Média diária	317,94	426,81
2001	Total-ano	110.543,65	174.368,45
	Média mensal	9.211,97	14.530,70
	Média diária	358,90	566,13
2002	Total-ano	141.809,44	171.169,19
	Média mensal	11.817,45	14.264,10
	Média diária	461,92	557,55
2003	Total-ano	108.825,00	156.474,00
	Média mensal	9.068,75	13.039,50
	Média diária	356,77	512,96

Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville (2003)

5.2 Coleta dos Dados

Para desenvolvimento da aplicação do modelo, foi elaborado um *checklist* (Tabela 16) com cento e quarenta e oito perguntas variando numa escala de zero a cem por cento (0 – 100%), respondidas por engenheiros da empresa terceirizada, a Engepasa Ambiental, cujos resultados ponderados, conforme grau de importância das perguntas, fornecem os percentuais das trinta e três possíveis variáveis de entrada e suas respectivas variáveis de saída, conforme estruturados no dendrograma,

Vale salientar que, para uma melhor coerência no direcionamento do *checklist* a ser aplicado no aterro, este foi dividido conforme as perspectivas, permitindo, assim, uma sequência lógica de raciocínio para o entrevistado e o entrevistador (Apêndice B). Os números constantes antes da variável de entrada na Tabela 16 referem-se à ordenação da sequência de perguntas no *checklist* a ser aplicado.

Tabela 16: Aplicação do *CheckList* no Aterro

	(0-100%)	peso	Val. pond
8. BIOGÁS			
Qual o percentual de biogás drenado?	80	240	
Qual o percentual do dimensionamento correto das tubulações?	90	180	
Qual o percentual da queima?	80	240	
Qual o grau de monitoramento do biogás?	80	160	
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?	80	240	
Qual o percentual de controle das partículas ou gases das áreas do aterro ou fora do perímetro da unidade?	80	160	
			81,33333
1. BIÓTICO			
Qual o grau de agressão da biota?	20	400	
Qual o grau de mortandade da fauna e flora?	20	320	
Qual o grau de murchamento das árvores?	20	160	
Qual o grau de porções inférteis na vegetação?	10	180	
Qual o grau de musgos com coloração marrom-avermelhada?	10	180	
			82,66667
11. CAPACIDADE DE SUPORTE			
Qual o grau de consideração dos dados geológicos/geotécnicos?	70	280	
Qual o percentual de ensaio de caracterização do solo conforme normas?	70	140	
Em que grau está realizado o correto dimensionamento das células de lixo?	30	60	
Qual o percentual no respeito aos limites de capacidade de suporte?	80	160	
Qual o grau de respeito quanto aos recalques?	80	160	
			66,66667
26. CATADORES			
Qual o percentual de presença de catadores dentro do aterro?	0	100	
Qual o percentual de presença de menores catadores?	0	100	
			100
30. CERCA ISOLAMENTO			
Qual o percentual de cerca em torno do aterro?	100	200	
Qual o percentual de cinturão verde?	80	160	
Qual o percentual de plantio de arbustos de pequeno e médio portes em torno do aterro?	80	80	
			88
4. CORPOS D'ÁGUA			
Os corpos d'água conforme normas devem estar a uma distância \geq a 200 m, qual o grau de adequação?	10	50	
Qual o percentual de canalização?	20	80	
Qual percentual de nascentes dentro do aterro?	100	0	
Qual o grau de vazamentos de lixiviados?	10	360	
			32,66667

	(0-100%)	peso	Val. pond
21. CUSTOS			
Qual o percentual de cobrança pelo serviço de limpeza urbana?	100	500	
Qual a % no levantamento de todos os custos referentes ao serviço de coleta e destino final dos resíduos?	80	400	
Qual a % da abrangência do método adotado?	80	320	
Qual a % do acompanhamento da evolução dos custos?	100	300	
			89,41176
5. DRENAGEM PLUVIAL			
Qual o grau de drenagem pluvial no aterro?	90	270	
Qual o grau do correto dimensionamento da rede?	100	200	
Qual o grau de adequação da declividade das canaletas?	100	300	
Qual o percentual de contaminação das águas pelos percolados?	10	360	
Qual o percentual de mecanismos para captar materiais em suspensão antes de serem lançados no canal receptor?	70	140	
Qual o percentual de mecanismos para evitar a erosão no ponto de lançamento do canal receptor?	70	140	
			88,125
23. EDUCAÇÃO AMBIENTAL			
Qual o percentual de programas de visitação ao aterro?	100	100	
Qual o grau de adequação de local para ministrar cursos e palestras?	50	50	
Qual o grau de adequação de recursos audiovisuais?	100	100	
Qual o grau de adequação de pessoal treinado para ministrar palestras?	90	90	
Qual o grau de adequação de roteiros para visitação?	80	80	
Qual o percentual de consciência da sociedade sobre a importância do correto tratamento dos resíduos?	80	320	
Qual o percentual de coleta seletiva?	90	450	
			85
24. EMPREGO			
Qual o percentual de aproveitamento dos moradores da região?	90	180	
Qual o percentual de incentivo para empregos em cooperativas de reciclagem?	100	200	
Qual o percentual de trabalhadores registrados?	100	500	
Conformidade legal - trabalhadores menores	100	500	
Qual o grau de treinamentos dos trabalhadores?	100	300	
Qual o grau de motivação?	90	270	
			97,5
13. EQUIPAMENTO			
Qual o percentual de utilização de tratores para espalhar o lixo?	100	400	
Qual o percentual do uso de veículos coletores conforme norma?	100	300	
Qual o grau das condições de funcionamento dos equipamentos?	100	200	
Qual o grau da manutenção preventiva?	100	200	
Qual o percentual do manuseio mecanizado do lixo?	100	400	
			100

	(0-100%)	peso	Val. pond
31. GUARITA			
Qual o grau de registros da entrada de caminhões e pessoas?	100	400	
Qual o percentual de pesagem dos resíduos?	100	400	
Qual o percentual de inspeção de resíduos de terceiros?	90	180	
Qual o grau de limpeza das rodas na saída dos veículos através de lavação e desinfecção?	80	320	
			92,85714
2. LENÇOL FREÁTICO			
O lençol freático, conforme normas deve estar a mais de 3 m, qual o grau de adequação?	80	400	
Qual o grau de impermeabilidade do solo?	60	180	
Qual o grau de execução do monitoramento conforme normas?	90	270	
			77,27273
3. MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS			
Qual o grau de monitoramento das águas subterrâneas?	90	360	
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?	90	270	
Qual o grau de adequação da quantidade de poços conforme legislação?	100	400	
Qual o percentual dos poços onde os limites foram superados?	0	300	
Caso os limites forem superados, qual o percentual de providências tomadas?	100	300	
			95,88235
28. NÚCLEOS HABITACIONAIS			
Recomenda-se que os núcleos habitacionais estejam a mais de 500 m, qual o grau de adequação?	100	500	
Qual o grau de adequação quanto a rede de telefone, água e luz?	100	100	
			100
9. ODORES			
Qual o percentual da presença de odores desagradáveis?	50	100	
Caso exista a presença de odores, qual o percentual de providências tomadas?	90	180	
Qual o grau de desconforto para a comunidade?	0	100	
Qual o percentual de reclamações?	0	100	
Qual o grau de monitoramento?	30	90	
			63,33333
17. PAISAGEM			
Qual o grau de respeito ao paisagismo?	90	270	
Qual o grau de proteção por vegetação em torno do aterro?	90	180	
Qual o grau de visualização externa do aterro?	0	300	
Caso exista a visualização do aterro, qual o percentual de medidas corretivas?	100	200	
			95
6. PERCOLADO			
Qual o grau estimado de volume de percolado produzido?	90	360	
Qual o percentual de pontos de captação em relação às normas?	90	270	

	(0-100%)	peso	Val. pond
Qual o grau de adequação do sistema de drenagem?	90	270	
Qual o grau de adequação de material filtrante nas canaletas?	100	200	
Qual o grau de coleta periódica de percolado, conforme normas técnicas?	90	180	
Qual o grau de monitoramento periódico de pH e DBO, conforme normas?	100	300	
			92,94118
12. PERMEABILIDADE			
Qual o grau de permeabilidade do solo?	10	270	
Qual o percentual de colocação de mantas plásticas no fundo e nas laterais?	0	0	
Qual o grau de adequação das espessuras mínimas de camadas impermeabilizantes especificadas em normas?	0	0	
			27
10. POEIRAS			
Qual o grau de presença de poeiras no aterro?	50	100	
Qual o percentual de poeiras incômodas para os trabalhadores?	10	180	
Qual o grau de monitoramento?	50	100	
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?	50	50	
			61,42857
19. POLÍTICA AMBIENTAL			
Qual o grau de documentação da política ambiental?	80	320	
Qual o grau de conformidade com a legislação?	90	270	
Qual o grau de acesso ao público?	90	180	
Qual o grau de conhecimento dos funcionários sobre a política?	100	300	
Qual o grau de cumprimento das licenças exigidas na legislação?	80	400	
Qual o grau de disponibilidade de relatórios sobre informações ambientais atualizadas?	100	300	
Qual o grau de atualização do cadastro junto ao órgão ambiental?	100	200	
Qual o grau de autorização de licença ambiental para operar?	100	200	
Qual o grau de validade da licença?	100	200	
Qual o grau no cumprimento das exigências de licenciamento?	80	200	
Qual o grau do aspecto geral do aterro?	90	270	
			91,6129
27. PRODUÇÃO RURAL			
Qual o percentual de lavouras próximas ao aterro?	0	100	
Qual o percentual de contaminação dos produtos agrícolas?	0	100	
			100
14. QUALIDADE DO RECOBRIMENTO			
Qual o grau da qualidade do recobrimento?	80	240	
Qual o percentual da disponibilidade do material?	90	270	
Qual o percentual da disponibilidade do material em dias de chuva?	0	0	
Qual o grau de adequação das distâncias às jazidas?	100	200	
			64,54545

	(0-100%)	peso	Val. pond
22. RECEITAS			
Qual a % de cobertura da cobrança de impostos/taxas em relação aos custos do sistema?	90	450	
Qual a % da coerência dos valores cobrados?	90	450	
Qual a % de satisfação dos munícipes pelos valores cobrados?	90	270	
Qual a % da abrangência das campanhas esclarecedoras?	80	160	
Qual a % de fontes de financiamento?	100	100	
			89,375
15. RECOBRIMENTO			
A camada de recobrimento diário, conforme normas, deve ser \geq a 0,20 m, qual o grau de adequação?	80	320	
A camada de recobrimento intermitente, conforme normas, deve ser \geq a 0,30 m, qual o grau de adequação?	70	280	
Qual o percentual de adequação do nivelamento?	90	270	
A espessura da célula de lixo deve ser de 2 a 3 m, qual o grau de adequação?	30	90	
Qual o percentual de registros dos recobrimentos?	90	180	
Qual o grau de adequação da inclinação dos taludes?	100	300	
			75,78947
18. RUÍDO			
Qual o percentual da presença de ruídos na operação do aterro?	10	270	
Qual o percentual de medição de ruídos nas áreas adjacentes?	50	100	
Qual o grau de controle das fontes de ruídos?	90	180	
Qual o grau de mapeamento dos ruídos?	50	50	
Qual o percentual de reclamações de ruídos?	0	200	
			80
29. SAÚDE OCUPACIONAL			
Qual o grau do controle de exames periódicos dos funcionários?	100	500	
Qual o grau de adequação de palestras esclarecedoras sobre a saúde?	100	100	
			100
33. TRABALHADORES			
Qual o grau de disponibilidade de EPIs para os trabalhadores?	100	400	
Qual o grau de adequação de palestras esclarecedoras sobre a importância da segurança?	100	200	
Qual o grau de adequação quanto à CIPA?	100	200	
Qual o percentual referente ao respeito aos horários de trabalho?	100	300	
Qual o percentual referente ao respeito às condições climáticas?	80	160	
Qual o grau de adequação em relação à demarcação de pontos críticos de riscos?	80	160	
Qual o grau de medidas que estão sendo tomadas para eliminar ou minimizar os riscos?	80	160	
			92,94118
20. TRANSPORTE			
133. Qual o grau de sinalização das rodovias que dão acesso ao aterro?	70	210	

	(0-100%)	peso	Val. pond
134. Qual a incidência de contedores de velocidade?	50	100	
135. Qual o grau de incidência de poeiras?	90	180	
137. Qual o grau de incidência de ruídos?	20	20	
			63,75
7. TRATAMENTO DO PERCOLADO			
Qual o percentual de tratamento de percolado?	90	450	
Quanto aos padrões, qual o grau de sua adequação?	70	280	
Qual o percentual de monitoramento do sistema?	100	300	
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?	100	200	
			87,85714
25. VETORES			
Qual o grau de incidência de animais domésticos no aterro?	0	100	
Qual o percentual de animais vetores dentro da área do aterro sanitário?	0	100	
			100
16. VIÁRIOS			
Qual o grau de adequação das condições de acesso ao aterro?	90	360	
Qual o grau de adequação das condições de acesso ao aterro em épocas de chuva?	100	300	
Recomenda-se que as distâncias percorridas ida e volta sejam menores de 30 km, qual o grau de adequação?	100	200	
Qual o grau de incidência de poeiras, aclives, pontes estreitas no acesso?	50	50	
			91
32. VIGILÂNCIA			
Qual o grau de vigilância permanente do aterro?	100	400	
Qual o grau de inspeção periódica na cerca em toda a extensão do aterro?	90	180	
Qual o grau de iluminação?	80	80	
			94,28571

Fonte: o autor

O modelo, através do software *FuzzyTECH*[®], interage com a planilha Excel, capturando os valores das variáveis de entrada, obtidos através do *checklist* da Tabela 16, e, operando em paralelo com o dendrograma, fornece de imediato as variáveis de saída. Se estas variáveis forem intermediárias, isto é, entradas para novos blocos, novas interações serão realizadas, e assim sucessivamente até a saída final do dendrograma.

O software *FuzzyTECH*[®] permite fazer uma análise da importância que cada variável de entrada tem na variável de saída. Assim, especialistas na área têm condições de definir se uma determinada variável de entrada tem uma influência desde uma escala altamente negativa até uma escala altamente positiva na variável de saída.

Os resultados destas interações estão resumidos conforme as perspectivas ambiental, social e econômica, e estão demonstrados nas Tabelas 17, 18 e 19.

As sucessivas operações das variáveis de entrada, intermediárias e de saída estão demonstradas na descrição do projeto, conforme Apêndice D.

Tabela 17: Perspectiva Ambiental

Biogás	81,33333	Água	78,546		
Biótico	82,66667	Ambiental	70,31	76,68307	Valor corrigido
Capc_Suporte	66,66667	Ar	71,698		
Corpos_Água	32,66667	Base	50		
Dren_Pluvial	88,125	Físico	68,684		
Equipamento	100	Gases	71,698		
Lençol_Freático	77,27273	Lixiviados	85,064		
Monit_Águas	95,88235	Meio Ambiente	70,31		
Odores	63,33333	Movimentação	87,098		
Paisagem	95	Operacional	84,484		
Percolado	92,94118	Recobrimento	63,43		
Permeabilidade	27	Solo	50		
Poeira	61,42857	Subterrâneo	86,126		
Política Amb	91,6129	Superficial	73,734		
Qualid_Recobr	64,54545				
Recobrimento	75,78947				
Ruído	80				
Transporte	92,94118				
Trat_Percolado	87,85714				
Viários	91				

Fonte: o autor

Tabela 18: Perspectiva Social

Catadores	100	Benef_Sociais	86,864		
Cerca_Isolam	88	Entorno	87,098		
Educ_Ambiental	85	Localização	85,81		
Empregos	97,5	Sanitários	87,098		
Guarita	92,85714	Segurança	85,81		
Núcleos_Hab	100	Social	87,098	99,9993	Valor corrigido
Prod_Rural	100				
Saúde_Ocup	100				
Trabalhador	92,94118				
Vetores	100				
Vigilância	94,28571				

Fonte: o autor

Tabela 19: Perspectiva Econômica

Custos	89,41176	Econômico	82,418	86,61412	Valor corrigido
Receitas	89,375				

Fonte: o autor

E, finalmente, como resultado final das três perspectivas, obtém-se a adequabilidade do projeto, conforme mostrado na Tabela 20.

Tabela 20: Adequabilidade Final

Ambiente	76,68307				
Social	99,9993	Adequab.	64,678	75,94652	Valor corrigido
Econo	86,61412				

Fonte: o autor

5.3 Discussão dos Resultados

5.3.1 Discussão dos resultados segundo a perspectiva ambiental

Com os resultados da perspectiva ambiental demonstrados segundo a Tabela 17, analisados de acordo com o dendrograma (Apêndice B), pode-se comentar o que segue.

Variável de saída Lixiviados

Esta variável mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade dos lixiviados conforme a sua estimativa e o tratamento realizado. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Percolado e Tratamento de Percolado, conforme Tabela 21. O resultado de 85,064 indica que a atenção dada aos lixiviados pode ser considerada como próxima ao adequado.

Tabela 21: Variável de saída Lixiviados

Variável de entrada Percolado	92,94118	Variável de saída Lixiviados	85,064
Variável de entrada Trat_Percolado	87,85714		

Fonte: o autor

Variável de saída Subterrâneos

A variável Subterrâneos, conforme Tabela 22, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade das águas superficiais que compõem o sistema do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Lençol Freático e Monitoramento de Águas. O resultado de 86,126 indica que, apesar de a impermeabilidade não ser elevada, o constante monitoramento das águas subterrâneas eleva a variável de saída subterrâneos.

Tabela 22: Variável de saída Subterrâneos

Variável de entrada Lençol_Fre	77,27273	Variável de saída Subterrâneos	86,126
Variável de entrada Monit_Águas	95,88235		

Fonte: o autor

Variável de saída Superficial

A variável Superficial, conforme Tabela 23, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade das águas superficiais dentro do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Corpos d'Água e Drenagem Pluvial. O resultado encontrado de 73,734 indica um valor próximo ao inadequado quanto aos corpos d'água, devido à existência do córrego Mississipe, cuja nascente fica dentro do aterro.

Tabela 23: Variável de saída Superficial

Variável de entrada Corpos_Água	32,66667	Variável de saída Superficial	73,734
Variável de entrada Dren_Pluvial	88,125		

Fonte: o autor

Variável de saída Gases

Variável que, conforme Tabela 24, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade da saída dos gases do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Biogás e Odores. O resultado de 71,698 é influenciado principalmente pela presença de odores desagradáveis e pelo difícil monitoramento destes odores.

Tabela 24: Variável de saída Gases

Variável de entrada Biogás	81,33333	Variável de saída Gases	71,698
Variável de entrada Odores	63,33333		

Fonte: o autor

Variável de saída Base

Variável que, conforme Tabela 25, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente às condições de sustentabilidade da base, como também das condições de permeabilidade em relação ao revestimento do fundo e das laterais do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Capacidade de Suporte e da Permeabilidade do aterro. O resultado encontrado de 50 é influenciado negativamente pela não impermeabilização do solo, em função de o aterro ocupar uma área de um antigo lixão.

Tabela 25: Variável de saída Base

Variável de entrada Capac_Suporte	66,666667	Variável de saída Base	50
Variável de entrada Permeabilidade	27		

Fonte: o autor

Variável de saída Movimentação

Variável que, conforme Tabela 26, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente ao sistema de movimentação de equipamentos e condições de acesso ao aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Equipamento e Viários. O

resultado encontrado de 87,098 significa que a movimentação está muito perto de ser considerada totalmente adequada.

Tabela 26: Variável de saída Movimentação

Variável de entrada Equipamento	100	Variável de saída Movimentação	87,098
Variável de entrada Viários	91		

Fonte: o autor

Variável de saída Recobrimento

Variável que, conforme Tabela 27, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente ao sistema de recobrimento dos resíduos sólidos urbanos. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Qualidade do Recobrimento e Recobrimento. O resultado encontrado de 63,43 é próximo a crítico, em função da não disponibilidade de material de recobrimento em dias de chuva, e como a cidade de Joinville tem alto índice pluviométrico, isso prejudica sensivelmente a cobertura dos resíduos.

Tabela 27: Variável de saída Recobrimento

Variável de entrada Qualid_Recobr	64,54545	Variável de saída Recobrimento	63,43
Variável de entrada Recobrimento	75,78947		

Fonte: o autor

Variável de saída Águas

Variável que, conforme Tabela 28, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente à contaminação das águas em função do sistema aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis intermediárias Lixiviados, Subterrâneo e Superficial. O resultado encontrado de 78,546 mostra que a variável superficial influenciou negativamente no índice.

Tabela 28: Variável de saída Águas

Variável intermediária Lixiviados	85,064	Variável de saída Águas	78,546
Variável intermediária Subterrâneo	86,126		
Variável intermediária Superficial	73,734		

Fonte: o autor

Variável de saída Ar

Variável que, conforme Tabela 29, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade do ar no aterro. Este indicador é resultante da agregação da variável intermediária Gases e da variável de entrada Poeiras. O resultado encontrado de 71,698 mostra que tanto os gases como a poeira estão influenciando negativamente na qualidade do ar.

Tabela 29: Variável de saída Ar

Variável intermediária Gases	71,698	Variável de saída Ar	71,698
Variável de entrada Poeiras	61,42857		

Fonte: o autor

Variável de saída Solo

Variável que, conforme Tabela 30, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade do solo do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis intermediárias Base, Movimentação e Recobrimento. O resultado encontrado de 50 indica a situação crítica do solo, tendo em vista que a variável Base tem grande influência desfavorável no valor encontrado.

Tabela 30: Variável de saída Solo

Variável intermediária Base	50	Variável de saída Solo	50
Variável intermediária Movimentação	87,098		
Variável intermediária Recobrimento	63,43		

Fonte: o autor

Variável de saída Físico

Variável que, conforme Tabela 31, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) do sistema Físico do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis intermediárias Água, Ar e Solo. O resultado encontrado de 68,684 é influenciado negativamente pela variável intermediária Solo.

Tabela 31: Variável de saída Físico

Variável intermediária Água	78,546	Variável de saída Físico	68,684
Variável intermediária Ar	71,698		
Variável intermediária Solo	50		

Fonte: o autor

Variável de saída Meio Ambiente

Variável que, conforme Tabela 32, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade da preservação do meio ambiente do aterro. Este indicador é resultante da agregação da variável de entrada Biótico e da variável intermediária Físico. O resultado encontrado de 70,31 é influenciado negativamente pela variável Físico.

Tabela 32: Variável de saída Meio Ambiente

Variável de entrada Biótico	82,66667	Variável de saída Meio Ambiente 70,31
Variável intermediária Físico	68,684	

Fonte: o autor

Variável de saída Operacional

Variável que, conforme Tabela 33, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente ao tratamento dado ao sistema operacional do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Paisagem, Ruído e Transporte. O resultado encontrado de 84,484 mostra que o sistema se encontra em boas condições de operacionalidade.

Tabela 33: Variável de saída Operacional

Variável de entrada Paisagem	95	Variável de saída Operacional	84,484
Variável de entrada Ruído	80		
Variável de entrada Transporte	92,94118		

Fonte: o autor

Variável de saída Ambiental

Variável que, conforme Tabela 34, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente à perspectiva ambiental do aterro. Este indicador é resultante da agregação da variável intermediária Meio Ambiente e da variável de entrada Política Ambiental. O

resultado encontrado de 70,31, corrigido para 76,68307, foi influenciado negativamente pela variável Meio Ambiente.

Tabela 34: Variável de saída Ambiental

Variável intermediária Meio Ambiente	70,31	Variável de saída Ambiental	70,31
Variável de entrada Política Amb	91,6129	Valor Corrigido	76,68307

Fonte: o autor

5.3.2 Discussão dos resultados da perspectiva social

Com os resultados da perspectiva Social demonstrados na Tabela 18, analisados de acordo com o dendrograma (Apêndice B), pode-se comentar o que segue.

Variável de saída Benefícios Sociais

Variável que, conforme Tabela 35, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade dos benefícios que o sistema aterro está oferecendo à sociedade. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Educação Ambiental e Empregos. O resultado encontrado de 86,864 mostra que os benefícios sociais podem ser considerados aceitáveis.

Tabela 35: Variável de saída Benefícios Sociais

Variável de entrada Educ_Ambiental	85	Variável de saída Benef_Sociais	86,864
Variável de entrada Empregos	97,5		

Fonte: o autor

Variável de saída Entorno

Variável que, conforme Tabela 36, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade de vida das pessoas que vivem nas vizinhanças do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Catadores, Produção Rural e Vetores. O resultado encontrado de 87,098 mostra a total adequabilidade da variável entorno.

Tabela 36: Variável de saída Entorno

Variável de entrada Catadores	100	Variável de saída Entorno	87,098
Variável de entrada Prod_Rural	100		
Variável de entrada Vetores	100		

Fonte: o autor

Variável de saída Localização

Variável que, conforme tabela 37, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) do sistema de proteção no aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Cerca Isolamento, Guarita e Vigilância. O resultado encontrado de 85,81 mostra que a variável Localização pode ser considerada como aceitável.

Tabela 37: Variável de saída Localização

Variável de entrada Cerca_Isolam	88	Variável de saída Localização	85,81
Variável de entrada Guarita	92,85714		
Variável de entrada Vigilância	94,28571		

Fonte: o autor

Variável de saída Sanitários

Variável que, conforme Tabela 38, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) da qualidade do sistema sanitário no aterro. Este indicador é resultante da agregação da variável intermediária Entorno e das variáveis de entrada Núcleos Habitacionais e Saúde Ocupacional. O resultado encontrado de 87,098 mostra a adequabilidade da variável sanitário.

Tabela 38: Variável de saída Sanitários

Variável intermediária Entorno	87,098	Variável de saída Sanitários	87,098
Variável de entrada Núcleos_Hab	100		
Variável de entrada Saúde_Ocup	100		

Fonte: o autor

Variável de saída Segurança

Variável que, conforme Tabela 39, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) do sistema de segurança no aterro. Este indicador é resultante da agregação da variável

intermediária Localização e da variável de entrada Trabalhador. O resultado encontrado de 85,81 mostra que a Segurança pode ser considerada como aceitável.

Tabela 39: Variável de saída Segurança

Variável intermediária Localização	85,81	Variável de saída Segurança	85,81
Variável de entrada Trabalhador	92,94118		

Fonte: o autor

Variável de saída Social

Variável que, conforme Tabela 40, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente à perspectiva social do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis intermediárias Benefícios Sociais, Sanitários e Segurança. O resultado encontrado de 87,098, corrigido para 99,9993, mostra que, referente ao aspecto social, o aterro está totalmente adequado.

Tabela 40: Variável de saída Social

Variável intermediária Benef_Sociais	86,864	Variável de saída Social	87,098
Variável intermediária Sanitários	87,098	Valor corrigido	99,9993
Variável intermediária Segurança	85,81		

Fonte: o autor

5.3.3 Discussão dos resultados da perspectiva econômica

Com os resultados da perspectiva Econômica, demonstrados segundo a Tabela 19, analisados de acordo com o dendrograma (Apêndice B), pode-se comentar o que segue.

Variável de saída Econômico

Variável que, conforme Tabela 41, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente à perspectiva econômica do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis de entrada Custos e Receitas. O resultado encontrado de 82,418, corrigido para 86,61412, pode ser considerado como aceitável.

Tabela 41: Variável de saída Econômico

Variável de entrada Custos	89,41176	Variável de saída Econômico	82,418
Variável de entrada Receitas	89,375	Valor corrigido	86,61412

Fonte: o autor

5.3.4 Discussão dos resultados da adequabilidade do aterro

Com o resultado da Adequabilidade do aterro demonstrado segundo a Tabela 20, analisados de acordo com o dendrograma (Apêndice B), pode-se comentar o que segue.

Variável de saída Adequabilidade

Variável que, conforme Tabela 42, mostra o indicador (inadequado, crítico, adequado) referente à adequabilidade do aterro. Este indicador é resultante da agregação das variáveis intermediárias Ambiente, Social e Econômico.

Com relação aos valores coletados através das ponderações das variáveis de entrada, o método realiza sucessivas interações entre planilhas e dendrograma, apoiado na Lógica *Fuzzy*, chegando a um resultado no qual a adequabilidade do aterro sanitário é de 64,678 %, com valor corrigido de 75,94652 % em função de a perspectiva Ambiental resultar em valores corrigidos de 76,68307%, Social de 99,9993% e Econômico de 86,61412%, mostrados na Tabela 42.

Tabela 42: Variável de Saída Adequabilidade

Variável intermediária Ambiente Cor.	76,68307	Variável de saída Adequab.	64,678
Variável intermediária Social Cor.	99,9993	Valor corrigido	75,94652
Variável intermediária Econo Cor.	86,61412		

Fonte: o autor

A perspectiva Social representou seu valor máximo, tendo em vista, que o aterro, na grande maioria das variáveis desta perspectiva, encontra-se com um alto peso.

A perspectiva Econômica apresentou um valor corrigido de 86,61412%, plenamente aceitável, levando-se em consideração que a empresa prestadora de serviço começou a terceirização de cobrança de taxa de limpeza e conservação no ano de 2004, não conseguindo

atingir todo o público com campanhas esclarecedoras, bem como, com um estudo mais aprofundado sobre o real pagamento pelos municípios da referida taxa.

O que realmente teve um peso decisivo no resultado final foi a perspectiva Ambiental, com um valor corrigido de 76,68307 %. Isto é reflexo de fatores como o recobrimento, com um valor de 63,43, em função da não disponibilidade do material em dias de chuva, principalmente levando-se em conta o alto índice pluviométrico da cidade de Joinville, como também o dimensionamento da célula de lixo.

A variável de saída Ar (71,698), influenciada pela presença de odores e poeiras, também interferiu na perspectiva Ambiental.

Outra variável importante no resultado encontrado para a perspectiva Ambiental relacionou-se com a variável de saída Superficial (73,734), influenciada negativamente pela existência de corpo d'água na área do aterro.

Entretanto, o aspecto mais relevante foi a variável de saída Base, com um valor de 50, em consequência da não impermeabilização de base, em função de o aterro ocupar uma área de um antigo lixão. Este aspecto negativo influencia diretamente as variáveis de saída Solo, Físico, Meio Ambiente e Ambiental.

Cabe aqui fazer alguns comentários, até para dar maior transparência ao modelo desenvolvido. Pelos resultados encontrados, na perspectiva Ambiental é que se encontram os maiores problemas que influenciam negativamente na adequabilidade do aterro.

Supondo-se, na variável de saída Recobrimento (Tabela 27), a mudança do valor de 63,43 para 79,172 em consequência da disponibilidade de material de recobrimento em dias de chuva (passando o valor do *checklist* da Tabela 16, pergunta 14 de 0 para 90), o resultado da perspectiva Ambiental (Tabela 17) passaria para 77,84.

Outro ponto a ser melhorado seria na variável de saída Superficial (Tabela 23), do valor de 73,734 para, em função da canalização do córrego Mississipe (passando o valor do *checklist* da Tabela 16, pergunta 4, de 20 para 100 e a adequação de 10 para 50). O resultado da perspectiva Ambiental mudaria de 77,84 (encontrado com o recobrimento) para 79,172.

Se no aterro houvesse uma adequação quanto à impermeabilização, através de mantas plásticas (passando o valor do *checklist* da Tabela 16, pergunta 12 de 0 para 80), a variável de saída Base (Tabela 25) mudaria de 50 para 72,208, e, conseqüentemente, a perspectiva Ambiental passaria de 79,172 para 82,094.

E finalmente, caso fosse amenizado o problema das poeiras no aterro (passando o valor do *checklist* da Tabela 16, pergunta 10, na presença de poeiras de 50 para 10, com 100 de adequação e periodicidade), a variável de saída Ar (Tabela 29) mudaria de 71,698 para

86,738, e, conseqüentemente, a perspectiva Ambiental mudaria de 82,094 para 83,758 (Tabela 43).

Tabela 43: Perspectiva Ambiental (simulação)

Perspectiva Ambiental (simulação)

Biogás	81,33333	Água	85,064			
Biótico	82,66667	Ambiental	83,758	89,68052	Valor corrigido	
Capc_Suporte	81,66667	Ar	86,738			
Corpos_Água	90,66667	Base	72,208			
Dren_Pluvial	88,125	Físico	83,758			
Equipamento	100	Gases	71,698			
Lençol_Freático	97,27273	Lixiviados	85,064			
Monit_Águas	95,88235	MeioAmbiente	83,758			
Odores	63,33333	Movimentação	87,098			
Paisagem	95	Operacional	84,484			
Percolado	92,94118	Recobrimento	79,172			
Permeabilidade	100	Solo	69,076			
Poeira	97,14286	Subterrâneo	86,854			
Política Amb	91,6129	Superficial	81,072			
Qualid_Recobr	89,09091					
Recobrimento	75,78947					
Ruído	80					
Transporte	92,94118					
Trat_Percolado	87,85714					
Viários	91					

Fonte: o autor

Com estas mudanças simuladas, a adequabilidade do aterro passaria de 64,678 (Tabela 42) para 82,44 (Tabela 44), com um valor corrigido de 86,66, o que comprova a sensibilidade do modelo.

Tabela 44: Adequabilidade final (simulação)

Final (simulado)

Ambiente		89,68052				
Social		99,9993	Adequab.	82,44	86,66	Valor corrigido
Econo		86,61412				

Fonte: o autor

5.4 Considerações

Este capítulo demonstrou que, a partir da análise dos dados obtidos em campo, num aterro na cidade de Joinville – SC, aplicados através de um *checklist*, após serem processados e analisados, foi possível verificar quais os pontos mais vulneráveis do aterro.

Com os resultados obtidos, se podem analisar perfeitamente quais as providências a serem tomadas para procurar minimizar os efeitos adversos levantados, aumentando assim o valor percentual obtido para cada variável de entrada e, conseqüentemente, a decisão de adequabilidade do aterro sob a ótica de cada perspectiva, Ambiental, Econômica e Social.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

A caracterização dos dados a serem levantados sobre a problemática dos resíduos sólidos, ou mais especificamente dos resíduos sólidos municipais, permitiu uma visão inicial da enorme complexidade e abrangência que o tema encerra. Além de fixar conceitos, a exposição detalhada, na fundamentação teórica, serviu como primeiro alerta para as dificuldades no seu gerenciamento.

A seleção das variáveis de entrada obteve pleno sucesso em sintetizar e sistematizar conhecimentos técnico-científicos e metodológicos, que possibilitaram, em várias etapas do processo de destino final de resíduos sólidos, conhecimento, identificação, quantificação e avaliação das variáveis que caracterizam o empreendimento aterro sanitário.

A pesquisa foi conduzida no sentido de apontar um caminho bastante simples para os interessados em utilizar o método de avaliação de aterros sanitários como procedimento eficaz de sua adequação.

Na fase de fundamentação teórica inicial da pesquisa, buscou-se abordar os temas necessários sobre a consolidação de conhecimento sobre resíduos sólidos urbanos, com abordagem detalhada desde a geração dos resíduos até a disposição final, incluindo os métodos de tratamento dos resíduos intermediários, como a reciclagem, compostagem e incineração.

Discorreu-se também sobre a legislação ambiental e a prática social, na qual as desigualdades sociais são acentuadas, fazendo com que as pessoas continuem a sobreviver de atividades que envolvem os lixões ou outros ambientes insalubres.

Buscou-se discutir que somente a efetivação de políticas públicas específicas sobre a problemática dos resíduos sólidos urbanos não resolverá o problema, sem que haja um comprometimento cultural, de valores, hábito e costumes. Mesmo sendo a Prefeitura responsável pela coleta e pelo destino final do lixo, ela não pode interferir na sua geração, sendo um problema de comprometimento da sociedade como um todo.

Como melhoria no desempenho no tratamento dos resíduos, as organizações e as pessoas estão buscando mudanças de conduta e procedimentos. Com a implantação do

Sistema de Gestão Ambiental, buscou-se mostrar a importância de a organização comprovar publicamente o comprometimento com o meio ambiente, facilitando a identificação e a remoção das causas dos problemas de aspectos e impactos ambientais.

Na exposição das políticas para o gerenciamento dos resíduos sólidos municipais, alguns conceitos de destaque foram apresentados. Sem entrar a fundo na polêmica discussão sobre estatização e privatização, enfatizou-se que a articulação dos vários instrumentos a serem utilizados (informar, regulamentar, normatizar, financiar e prestar o serviço) deve ser efetuada com base na avaliação de aspectos como custo-eficácia das ações; opções de parcerias público-privadas; possibilidades de terceirização, concessão, etc.; de forma que se possa, além de oferecer um bom serviço básico, ter condições de continuamente estender, de forma sustentável, o atendimento a outras demandas no setor.

Como complemento, a pesquisa utilizou a Lógica *Fuzzy*, facilitando os decisores sobre a adequabilidade do empreendimento. Com a tradução de informações vagas, imprecisas e qualitativas, comuns na linguagem humana, em valores numéricos, a Lógica *Fuzzy* buscou dar maior agilidade no processo de decisão.

O método foi aplicado na utilização de indicadores ambientais organizados combinados em dendrograma hierárquico *top-down*, analisados sob a óptica das três perspectivas: ambiental, econômica e social, detalhadas conforme suas representatividades por variáveis de entrada, operados em blocos de regras tipo “se”, “e”, “ou”, “então” segundo fundamentos da Lógica *Fuzzy*, e analisados de maneira multicriterial. Pode ser classificado como uma combinação de Rede de Interação com Modelo de Simulação, visto que estrutura as interações das variáveis em um dendrograma e as opera através do programa computacional *FuzzyTECH*®.

O método desenvolvido consiste no levantamento de variáveis de entrada no empreendimento, com as respectivas funções de pertinência e qual a sua influência na variável de saída, interagindo com sucessivas planilhas até a decisão final.

Na perspectiva Ambiental foram consideradas vinte variáveis de entrada para atender às exigências da política ambiental, do processo operacional e ao meio ambiente. Estas variáveis de entrada forneceram através dos seus respectivos blocos de regras, as variáveis e saída que caracterizaram a perspectiva Ambiental.

Quanto à perspectiva Econômica, foram consideradas duas variáveis de entrada, custos e receitas, que forneceram a variável de saída, econômica.

Já na perspectiva Social, levantaram onze variáveis de entradas dentro do que a sociedade deve ser conscientizada a respeito dos resíduos sólidos urbanos, ou seja, referente aos benefícios sociais, ao aspecto sanitário, ao entorno, à segurança e à localização.

A partir da consolidação da base conceitual, obtiveram-se as condições para a sistematização de *checklist* em um aterro, que, no caso, foi o da cidade de Joinville, no Estado de Santa Catarina, comprovando a sustentabilidade do modelo.

Pode-se concluir, então, que foram plena e satisfatoriamente atingidos todos os objetivos da pesquisa, com a apresentação da base teórica sobre o tema que envolve o aterro sanitário, identificação e seleção de indicadores, caracterização da Lógica *Fuzzy* (objetivo secundário) e com a construção de um abrangente método de avaliação de adequabilidade de aterros sanitários em funcionamento (objetivo geral).

A comprovação da proposição de pesquisa, de que o modelo de análise de decisão sobre a adequabilidade de aterros sanitários, utilizando a Lógica *Fuzzy*, é um procedimento eficaz que pode ser utilizado para um melhor gerenciamento ambiental de aterros sanitários, foi obtida pela aplicação da metodologia e sistemática definidas em simulações da pior condição, ou seja, onde todas as variáveis que representam as condições de entrada do empreendimento obtiveram a classificação mais desfavorável, da situação do primeiro quartil, do segundo quartil e do terceiro quartil, além da melhor condição possível, resultados estes que, por si só, claramente já demonstraram que os dados obtidos satisfizeram o modelo (Apêndice C).

Pelos dados levantados e resultados encontrados, conclui-se que o aterro se encontra na posição de controlado. Com a entrada em operacionalização da nova área do aterro, os efeitos negativos das variáveis de entrada podem deixar de existir, passando o empreendimento a ser considerado realmente como um aterro sanitário.

Para consolidar o objetivo da pesquisa, foi aplicado o modelo em um aterro sanitário, concluindo-se que as informações reunidas e os procedimentos definidos para coleta e tratamento dos dados permitiram a identificação, a análise, a interpretação e a avaliação sobre a adequabilidade do aterro.

Do mesmo modo, a disponibilização deste conjunto de dados, através de análise das planilhas e do dendrograma, poderá orientar a eventual necessidade de priorização na implantação de ações corretivas a serem tomadas, com o intuito de corrigir pontos de melhora no sistema aterro sanitário.

A metodologia proposta permitiu consolidar uma série de informações, de fácil compreensão pela equipe gerencial, cuja visualização através de árvore de decisão permitirá à equipe envolvida uma melhor compreensão do aterro sanitário, bem como, de uma forma

sistêmica, avaliá-lo, procurando soluções para os problemas encontrados, adequando-os conforme as exigências da legislação ambiental pertinente.

Esta pesquisa buscou contribuir para a melhoria dos métodos e técnicas dos atuais processos de avaliação de adequabilidade de aterros sanitários, fornecendo um instrumento que possibilita a integração das representações (indicadores) e de suas operações lógicas, permitindo que se tenha uma ampla visão do sistema, possibilitando a tomada de ações corretivas procurando maximizar a adequabilidade do empreendimento.

Espera-se ainda que este estudo traga mais transparência nas decisões e que sirva como um instrumento que capacita os agentes decisores em compreender melhor a realidade referente à adequação de aterros, fornecendo ao público em geral uma informação confiável da real operação do empreendimento.

6.2 Recomendações

É sabido que um trabalho de pesquisa nunca se esgota em si mesmo, haja vista que, além de responder a determinados questionamentos, permite a abertura para novos estudos. Sob um outro referencial teórico, uma mesma pesquisa científica pode levar a resultados diferentes daqueles encontrados.

Assim, sobre o tema de disposição final dos resíduos sólidos, acredita-se existir várias possibilidades de continuação para esta pesquisa, das quais podem ser destacadas:

- aplicação da ferramenta Lógica *Fuzzy* na escolha da localização, implantação e desativação de áreas para aterros sanitários, sistema de tratamento e análise de viabilidade de compostagem;
- aprofundamento das avaliações dos indicadores individuais de entrada desenvolvendo dendrogramas específicos para cada indicador, com levantamentos matemáticos mais detalhados;
- avaliação de potencialidade de uso de áreas de aterros sanitários já estabilizados, sobretudo para atendimento de demanda habitacional;
- elaboração de proposta metodológica para recuperação física, química e biológica de áreas contaminadas por resíduos sólidos;
- elaboração de proposta metodológica para monitoração do biogás em aterros em operação ou já encerrados;

- aplicação do modelo para reaproveitamento de resíduos de construção civil;
- aperfeiçoamento da proposta metodológica para priorização de ações corretivas de impactos ambientais;
- aplicação do modelo para outros casos de resíduos, como por exemplo, resíduo industrial, de saúde, nos quais a composição dos indicadores de entrada tem outros comportamentos;
- aplicação da metodologia para outros empreendimentos de responsabilidade pública ou privada (sistema de tratamento de esgoto, tratamento de água, etc.);
- detalhamento da legislação ambiental nas várias fases do levantamento dos dados;
- aplicação da teoria das restrições em conjunto com a Lógica *Fuzzy* em relação à tomada de decisões;
- estudo de alternativas para cobrança da taxa de conservação e limpeza urbana, incentivando a redução na fonte;
- análise do custo x benefício de usinas de compostagem considerando fatores como aumento da vida útil do aterro, venda de material orgânico, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, E. M. de; FERRAZ, A. C. P.; SILVA, A. N. R. Custo da coleta de lixo x tecnologia e frequência. **Revista de Transporte e Tecnologia**, v. 5 , n. 9 , p.71- 79, 1992.

AMORIM, V. P de. **Resíduos sólidos urbanos: o problema e a solução**. Brasília; Roteiro Editorial, 1996.

ANDRADE, J. B. L.; SCHALCH, V. Determinação da composição gravimétrica, peso específico e teor de umidade dos resíduos sólidos produzidos na cidade de Manaus. **Revista Limpeza Pública**, n. 44, p.27-31, 1997.

ANDRADE, Lúcia R. **Coleta seletiva do lixo na cidade de Cruzeiro do Oeste (PR) x qualidade de vida**. 2002, Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) UFSC, Florianópolis.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**: NBR 8419. Rio de Janeiro, 1984, 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos**: NBR 8849. Rio de Janeiro, 1985. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de auditorias de garantia da qualidade para usinas nucleoeletricas**: NBR 9308. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos: classificação**: NBR 10004. Rio de Janeiro, 1987. 63 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Degradação do solo: terminologia**: NBR 10703. Rio de Janeiro, 1989. 45 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Estabilidade de Taludes**: NBR 11682. Rio de Janeiro, 1992. 39 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para auditoria de sistemas de qualidade**. Parte 1: Auditoria: NBR ISO 14011-1, Rio de Janeiro, 1993 a. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para auditoria de sistemas de qualidade**. Parte 2: Critérios para qualificação de auditores da qualidade: NBR ISO 14011-2. Rio de Janeiro, 1993b. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para auditoria de sistemas de qualidade.** Parte 3: Gestão de programas de auditoria: NBR ISO 14011-3. Rio de Janeiro, 1993c. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Glossário de poluição das águas:** NBR 9896. Rio de Janeiro, 1993d. 66 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Elaboração e apresentação de projeto de disposição estéril, em pilha, em mineração:** NBR 13029. Rio de Janeiro, 1993e. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão ambiental - especificações e diretrizes para uso:** NBR ISO 14001. Rio de Janeiro, 1996a. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão ambiental - diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio:** NBR ISO 14004. Rio de Janeiro, 1996b. 32 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para auditoria ambiental - procedimentos de auditoria - auditoria de sistemas de gestão ambiental:** NBR ISO 14011. Rio de Janeiro, 1996c. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para auditoria ambiental - critérios de qualificação para auditores ambientais:** NBR ISO 14012. Rio de Janeiro, 1996d. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para auditoria ambiental - diretrizes gerais:** NBR ISO 14010. Rio de Janeiro, 1996e. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Aterros de resíduos não-perigosos - critérios para projetos, implantação e operação - procedimentos:** NBR 13896. São Paulo: ABNT, 1997. 12 p.

BARCIOTTE, M. L. **Coleta seletiva e minimização de resíduos sólidos urbanos:** uma abordagem integradora. 1994. 132 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia Científica.** São Paulo; Makron Books, 2000.

BENETTI, M. **Modelo metodológico para formulação e implantação de programas de coleta seletiva em município de pequeno porte.** 2000, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, UFSC. Florianópolis.

BENEVIDES FILHO, Sérgio Armando. **A polivalência como ferramenta para a produtividade.** 1999, Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção). UFSC, Florianópolis.

BIDONE, F. R. A. e POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** Projeto REENGE. EESC-USP, São Carlos: 1999, 120p;

BORINELLI, Márcio Luis. **A identificação do ciclo de vida das pequenas através das demonstrações contábeis.** 1998, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas). UFSC, Florianópolis.

BRASIL. Ministério do Interior – Secretaria Especial do Meio Ambiente. **Educação Ambiental.** Brasília: SEMA, 1977.

BUENO, F. da S. **Minidicionário da Língua Portuguesa.** São Paulo: FTD:LISA, 1996.

CALDERONI, Sabetai. **Os bilhões perdidos no lixo.** (2. ed.). São Paulo: Humanitas, 1998.

CAMARGO, A. T. et al. **Regulação da questão ambiental.** Florianópolis, UFSC, 2000.

CAMPOS, H. K. T. Criança no lixo nunca mais. **Ciência & Ambiente. Lixo Urbano.** Vol. 1, n.18. Santa Maria: UFSM, 1999.

CAMPOS, José Antônio Campus. **Cenário balanceado:** balanced scorecard, painel de indicadores para a gestão estratégica dos negócios. São Paulo: Aquariana, 1998.

CAMPOS, Lucilia M. S. **SGADA – Sistema de gestão e avaliação de desempenho ambiental:** uma proposta de implementação. 2001, Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Produção). UFSC, Florianópolis.

CASTILHOS JR., A. B. de. **Resíduos sólidos urbanos:** aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Florianópolis: Projeto Prosab, 2003.

CEMPRE. **Manual de gerenciamento integrado.** 2. ed. São Paulo; 2000.

CERVO, A. L. e BERVIAN, P. A. **Metodologia científica.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

CETESB. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares :** Relatório de 2002. São Paulo, Cetesb, 2002.

CHARNPRACTHEEP, K. e GANER, B. Z. Q. Preliminary landfill site screening using *fuzzy* geographical information systems. **Waste Management & Research**, V15, 1996, p. 197-215.

CHIAVENATO, Idalberto. **Como desenhar cargos e avaliar o desempenho**. São Paulo: Atlas, 1998.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**. São Paulo. Cortez Editora, 2^a ed. 1995.

COLETÂNEA HARVARD BUSINESS REVIEW. **Medindo o desempenho empresarial**. Harvard. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

COLLINS, James C., PORRAS, Jerry I. **Feitas para durar**. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.

CONSONI, Angelo J. **A auditoria ambiental motivada como procedimento para melhoria do gerenciamento ambiental em aterros sanitários do Estado de São Paulo**. 2001, Tese (Pós-Graduação em Geociências), UNESP.

CUNHA, Rudemar S. da. **Avaliação do desempenho ambiental de uma indústria de processamento de alumínio**. 2001, Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção), UFSC, Florianópolis.

D'ALMEIDA, M. L. O. (Coord.). **Lixo municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 369 p.

DEMAJOROVIC, J. Instrumentos econômicos e programas de conscientização ambiental. **Consumo, lixo e meio ambiente**. S. Paulo, Centro de Estudos de Cultura Contemporânea, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. CEDEC/SMA, 1998, p. 15-7.

DESLANDES, Suely F. et all. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Maria Cecília de Souza Minayo (organizadora). Vozes, Petrópolis; 2000.

DIAZ, L. F. **Proposed guidelines for siting and designing sanitary landfills in developing countries**. In: INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. *International Directory of Solid Waste Management 1997/8: the ISWA Yearbook*. Copenhagen: ISWA. 1998. p.226-36.

DRUCKER, Peter F. **Administrando em tempos de grandes mudanças**. São Paulo: Pioneira, 1996.

DZIEDICZ, Edílson. **Implementação e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Bento do Sul, 2003.

EIGENHEER, Emílio Maciel. **Coleta seletiva de lixo: experiências brasileiras (n. 3)**. Rio de Janeiro: UFF, 1999a.

FERREIRA, M. L. S. **Proposta de um sistema alternativo de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares, executada por catadores na cidade de Cianorte - PR.** 2000, 176 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis.

GIL, A .C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 157 p.

GODOY, A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades.** ERA, São Paulo. 1995. v. 35, n. 3, p. 21-29.

GRIMBERG, E.; BLAUTH, P. (Org) **Coleta seletiva: reciclando materiais, reciclando valores.** n. 31, São Paulo: Pólis, 1998.

GRUPO DO LIXO. **Considerando mais o lixo.** Florianópolis: Insular, 1999.

GUBMAN, Edward L. **Talento: desenvolvendo pessoas e estratégias para obter resultados extraordinários.** Rio de Janeiro: Campus, 1999.

HAMEL, Gary e PRAHALAD, C. K. **Competindo pelo futuro: estratégias inovadoras para obter o controle de seu setor e criar os mercados de amanhã.** Rio de Janeiro: Campus, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Rio de Janeiro, 2002. CD-ROM.

ISO/DIS 14031. **Environmental management – environmental performance evaluation – guidelines.** Strikethrough Version, 1998.

JACOBI, Pedro. Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão. In: CAVALCANTI, Clóvis. (Org). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas.** São Paulo: Cortez, 1999.

JESUS JR., Guilhardes de. **Contribuição do Movimento Ambientalista para o Desenvolvimento da Legislação Brasileira do Meio Ambiente.** Belo Horizonte, Ecolatina 2001.

KAPLAN, Robert S. Um vôo mais seguro. **Gazeta Mercantil.** Ceará-Piauí. 26 de junho de 2001.

KAPLAN, Robert e NORTON, David. **A estratégia em ação: balanced scorecard.** Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KASSAI, José Roberto. **Retorno do investimento.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KATAOKA, S. M. **Avaliação de áreas para disposição de resíduos: proposta de planilha para gerenciamento ambiental aplicado a aterro sanitário industrial.** 2000, Tese (Mestrado em Engenharia Civil – Geotecnia). EESC/USP, São Carlos, 326p.

KUHRE, W. Lee. **ISO 14031 Environmental performance evaluation EPE.** New Jersey; Prentice Hall PTR, 1998.

LAKATOS, E. M. e MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 1986.

LERIPIO, Alexandre de A. **Gaia – Um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais.** 2001, Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Produção), UFSC, Florianópolis.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamentos e biorremediação.** 2. ed. São Paulo: Hemus, 1995.

LUNA, S. V. **Planejamento de pesquisa: uma introdução.** São Paulo: EDUC, 1998, 108p.

LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterros sanitários.** 2002, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MC BEAN, E. A.; ROVERS, F. A.; FARQUHAR, G. J. **Solid waste landfill engineering and design.** Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1995, 521p.

MACHADO, P. A . L. **Direito Ambiental Brasileiro.** 7. ed. São Paulo: Malheiros, 1999.

MAHLER, Cláudio F. e LEITE, Luís E. H. B. C. Metodologia de seleção de áreas para implantação de aterros sanitários. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, V. 3, n 3 e 4, 1998.

MANTEIGA, L. Los indicadores ambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas. In.: **Estadísticas y medio ambiente.** Instituto de Estadísticas de Andalucía. Junta de Andalucía. Sevilla; 2000.

MARINHO, Sidnei Vieira. **Utilização da gestão estratégica de custos dentro do balanced scorecard.** 1999, Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) UFSC, Florianópolis.

MÂSIH, Rogério Teixeira. **Levantamento das necessidades de treinamento em ambientes gerenciados pelo balanced scorecard.** 1999, Dissertação. (Pós-Graduação em Engenharia de Produção). UFSC, Florianópolis.

MATSUFUJI, Y. **A road to sanitary landfill**. Kitakyushu: Kiushu International Centre, Japan International Cooperation Agency, KITA Environmental Center, 1994a. 57p. (WJA04d).

MATZENAUER, H. B. **Avaliação da metodologia multicritério de apoio à decisão na avaliação e aperfeiçoamento do sistema de coleta e destino final do lixo doméstico da cidade de Pelotas**. 1998, Dissertação. (Pós Graduação em Engenharia de Produção) UFSC, Florianópolis.

MELO, André L. O. de. **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando lógica fuzzy e análise multicritério: uma proposta metodológica**. 2001, Aplicação ao município de Cachoeiro do Itapemerim – ES. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, MG, Viçosa.

MELO, João Joanaz de. **SPIA – Sistema pericial para a aplicação e análise de índices ambientais**. Lisboa; 1996.

MERICO, L. F. K. 1997. Proposta metodológica de avaliação do desenvolvimento econômico na região do Vale do Itajaí (SC) através de indicadores ambientais. **Revista Dynamis**, 1997. Vol. 5, n.19. FURB, Blumenau.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: Doutrina, prática, jurisprudência, glossário**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA**. Disponível em www.mma.gov.br/conama; acesso em 5/10/2003.

MINTZBERG, Henry e QUINN, James Brian. **O processo da estratégia**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MITTELSTAEDT, Carla. **Manual de coleta seletiva**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 1998.

MOURA, Luiz A. Abdalla de. **Qualidade e gestão ambiental**. 3. ed. S. Paulo: Juarez de Oliveira, 2002.

NASCIMENTO, C. E. G. **Verificação de critérios técnicos utilizados para a seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos**. 2001, Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

NETO, João Tinoco P. Artigo lixo urbano no Brasil: descaso, poluição irreversível e mortalidade infantil. **Revista Ação Ambiental – Ano I**. n. 1 – agosto-setembro/1998.

NÓBREGA, Clemente. **Em busca da empresa quântica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

NOGUERA, Jorge O. C. **Modelo de gestão ecológica para resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte no Estado do Rio Grande do Sul**. 2000. 186p. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

NORTON, David. Beware: the unbalanced scorecard. **Harvard Business Review**. 15/03/2000.

OLIVEIRA, Artur S. D. de. **Método para a viabilização de plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos: o caso do município do Rio Grande-RS**. 2002, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação da UFSC, Florianópolis.

OLVE, Nils-Göran; ROY, Jan; WETTER, Magnus. **Performance drives: a practical guide using the balanced scorecard**. New York: John Wiley and Sons, 1999.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. Portaria do Ministério do Interior nº 53, de 1.3.79.

ORTEGA, Neli R. S. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina**. 2001, Tese de Doutorado, São Paulo.

PINTO, Tarcisio P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999, Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica da USP, São Paulo.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Departamento de Limpeza Pública. **Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Curitiba**. Curitiba, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville – IPPUJ. Disponível em http://www.joinville.sc.gov.br/leis_mapas.htm; 2002; acesso em 1º/9/2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Potencial econômico**. Disponível em <http://www.joinville.sc.gov.br>, acesso em 1º/9/2004.

QASIM, S. R., CHIANG, W. **Sanitary landfill leachate generation, control and treatment**. Lancaster: Technomic, 1994.

REIS, Maurício J. L. **ISO 14000: Gerenciamento ambiental – Um novo desafio para a sua competitividade.** Rio de Janeiro; Qualitymark, 1996.

RELIS, P.; DOMINSKI, A. **Beyond the crisis; integrated waste management.** Santa Barbara: Gildea Resource Center / Community Environmental Council, 1990, 48p.

REZENDE, S. O. **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações.** Barueri: Manole, 2003.

RIBEIRO, A. R. **Fuzzy multiple attribute decision making: a review and new preference elicitation techniques.** 1996, *Fuzzy sets and systems*. V. 78, p. 155-181;

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1999.

ROBINSON, H. D.; MARIS, P. J. **Leachate from domestic waste: generation, composition and treatment. A review.** Water Research Centre (Technical Report, TR 108), 1979.

RODRIGUES, F. L. e CAVINATTO, V. M. **Lixo: de onde vem? para onde vai?** 2. ed. São Paulo: Moderna, 1997, Col. Desafios.

ROVERE, Emilio Lebre La et al. **Manual de Auditoria Ambiental.** 2 ed. Qualitymark, 2003.

RUGGIERO, Márcia A. G. e LOPES, Vera L. R. **Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais.** McGraw-Hill, 1998.

SCLIAR, M. A matéria fora do lugar. **Ciência e Ambiente. Lixo Urbano.** Vol. 1, n.18. Santa Maria: UFSM, 1999.

SHAW, I. S. e SIMÕES, M. G. **Controle e Modelagem Fuzzy.** São Paulo. Edgard Blücher; FAPESP, 1999.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszk. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação.** 3. ed. rev. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SLOMP, M. N. Taxa de lixo junto à tarifa de água e esgoto, uma forma alternativa de cobrança. **Revista limpeza pública.** ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Urbana, n. 50, 11-16.

SOUZA, F. C. B. de. **Sistema de apoio à decisão em ambiente espacial aplicado em um estudo de caso de avaliação de áreas destinadas para disposição de resíduos sólidos.** 1999, Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis.

TAHIN, P. **Tendências atuais de manejo dos resíduos sólidos urbanos, com ênfase na reciclagem**. 1992, 143p. (Monografia apresentada ao Instituto de Biociências, Unesp, para obtenção do título de Bacharel em Ecologia). Rio Claro.

TANSCHKEIT, Ricardo. **Fundamentos de lógica *Fuzzy* e controle *Fuzzy***. Rio de Janeiro, DEE – PUC.

TIBOR, Tom e FELDMAN, Ira. **ISO 14000**. Um guia para as novas normas de gestão ambiental. São Paulo; Futura, 1996.

WILHELM, V. Occupational safety and landfills. In: CHRISTENSEN, T. H.; COSSU, R.; STEGMA, R. **Sanitary landfilling: process, technology and environmental impact**. London: Academic Press, 1989, p. 509-22. (Based in part on papers presented at the First International Symposium on Sanitary Landfill, Cagliari (Sardinia, Italy), 1987.

YOSHIZAWA, César. ***Fuzzy/paraconsistente/Outras 29 lógicas diferentes***. Disponível em: <http://www.geocites.com/lógicas2000>. Acesso em: 17 de agosto de 2003.

ZADEH, Lofti A.; JAMSHIDI, Mohammad; TITLI, André. **Applications of *fuzzy logic*: towards high machine intelligence quotient systems** (Prentice Hall Series on Environmental and Intelligent Manufacturing). Prentice Hall, 1997.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. 1998, 302 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Carlos.

APÊNDICE A – CHECK LIST

PERSPECTIVA AMBIENTAL			
		(0-100%)	peso
BIÓTICO			
Qual o grau de agressão da biota?			5
Qual o grau de mortandade da fauna e flora?			4
Qual o grau de murcho das árvores?			2
Qual o grau de porções inférteis na vegetação?			2
Qual o grau de musgos com coloração marrom avermelhada?			2
LENÇOL FREÁTICO			
O lençol freático conforme normas deve estar a mais de 3m, qual o grau de adequação?			5
Qual o grau de impermeabilidade do solo?			3
Qual o grau de execução do monitoramento conforme normas?			3
MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS			
Qual o grau de monitoramento das águas subterrâneas?			4
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?			3
Qual o grau de adequação da quantidade de poços conforme legislação?			4
Qual o percentual dos poços onde os limites foram superados?			3
Caso os limites sejam superados, qual o percentual de providências tomadas?			3
CORPOS D'ÁGUA			
Os corpos d'água conforme normas devem estar a uma distância \geq a 200m, qual o grau de adequação?			5
Qual o percentual de canalização?			4
Qual o percentual de nascentes dentro do aterro?			2
Qual o grau de vazamentos de lixiviados?			4
DRENAGEM PLUVIAL			
Qual o grau de drenagem pluvial no aterro?			3
Qual o grau do correto dimensionamento da rede?			2
Qual o grau de adequação da declividade das canaletas?			3
Qual o percentual de contaminação das águas pelos percolados?			4
Qual o percentual de mecanismos para captar materiais em suspensão antes de serem lançados no canal receptor?			2
Qual o percentual de mecanismos para evitar a erosão no ponto de lançamento do canal receptor?			2
PERCOLADO			
Qual o percentual do volume estimado de percolado produzido?			4
Qual o percentual de pontos de captação em relação às normas?			3
Qual o grau de adequação do sistema de drenagem?			3
Qual o grau de adequação de material filtrante nas canaletas?			2

Qual o grau de coleta periódica de percolado, conforme normas técnicas?		2
Qual o grau de monitoramento periódico de pH e DBO, conforme normas?		3
TRATAMENTO DO PERCOLADO		
Qual o percentual de tratamento de percolado?		5
Quanto aos padrões, qual o grau de sua adequação?		4
Qual o percentual de monitoramento do sistema?		3
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?		2
BIOGÁS		
Qual o percentual de biogás drenado?		3
Qual o percentual do dimensionamento correto das tubulações?		2
Qual o percentual da queima?		3
Qual o grau de monitoramento do biogás?		2
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?		3
Qual o percentual de controle das partículas ou gases das áreas do aterro ou fora do perímetro da unidade?		2
ODORES		
Qual o percentual da presença de odores desagradáveis?		2
Caso exista a presença de odores, qual o percentual de providências tomadas?		2
Qual o grau de desconforto para a comunidade?		1
Qual o percentual de reclamações?		1
Qual o grau de monitoramento?		3
POEIRAS		
Qual o grau de presença de poeiras no aterro?		2
Qual o percentual de poeiras incômodas para os trabalhadores?		2
Qual o grau de monitoramento?		2
Qual o grau de adequação de sua periodicidade?		1
CAPACIDADE DE SUPORTE		
Qual o grau de consideração dos dados geológico/geotécnicos?		4
Qual o percentual de ensaio de caracterização do solo conforme normas?		2
Em que grau está realizado o correto dimensionamento das células de lixo?		2
Qual o percentual no respeito aos limites de capacidade de suporte?		2
Qual o grau de respeito quanto aos recalques?		2
PERMEABILIDADE		
Qual o grau de permeabilidade do solo?		3
Qual o percentual de colocação de mantas plásticas no fundo e nas laterais?		4
Qual o grau de adequação das espessuras mínimas de camadas impermeabilizantes especificadas em normas?		3

EQUIPAMENTO		
Qual o percentual de utilização de tratores para espalhar o lixo?		4
Qual o percentual do uso de veículos coletores conforme normas?		3
Qual o grau das condições de funcionamento dos equipamentos?		2
Qual o grau da manutenção preventiva?		2
Qual o percentual do manuseio mecanizado do lixo?		4
QUALIDADE DO RECOBRIMENTO		
Qual o grau da qualidade do recobrimento?		3
Qual o percentual da disponibilidade do material?		3
Qual o percentual da disponibilidade do material em dias de chuva?		3
Qual o grau de adequação das distâncias as jazidas?		2
RECOBRIMENTO		
A camada de recobrimento diário conforme normas deve ser \geq a 0,20 m, qual o grau de adequação?		4
A camada de recobrimento intermitente conforme normas deve ser \geq a 0,30 m, qual o grau de adequação?		4
Qual o percentual de adequação do nivelamento?		3
A espessura da célula de lixo deve ser de 2 a 3 m, qual o grau de adequação?		3
Qual o percentual de registros dos recobrimentos?		2
Qual o grau de adequação da inclinação dos taludes?		3
VIÁRIOS		
Qual o grau de adequação das condições de acesso ao aterro?		4
Qual o grau de adequação das condições de acesso ao aterro em épocas de chuva?		3
Recomenda-se que as distâncias percorridas ida e volta sejam menores de 30 km, qual o grau de adequação?		2
Qual o grau de incidência de poeiras, aclives, pontes estreitas no acesso?		1
PAISAGEM		
Qual o grau de respeito ao paisagismo?		3
Qual o grau de proteção por vegetação em torno do aterro?		2
Qual o grau de visualização externa do aterro?		3
Caso exista visualização do aterro, qual percentual de medidas corretivas?		2
RUÍDO		
Qual o percentual da presença de ruídos na operação do aterro?		3
Qual o percentual de medição de ruídos nas áreas adjacentes?		2
Qual o grau de controle das fontes de ruído?		2
Qual o grau de mapeamento dos ruídos?		1
Qual o percentual de reclamações de ruídos?		2
POLITICA AMBIENTAL		
Qual o grau de documentação da política ambiental?		4

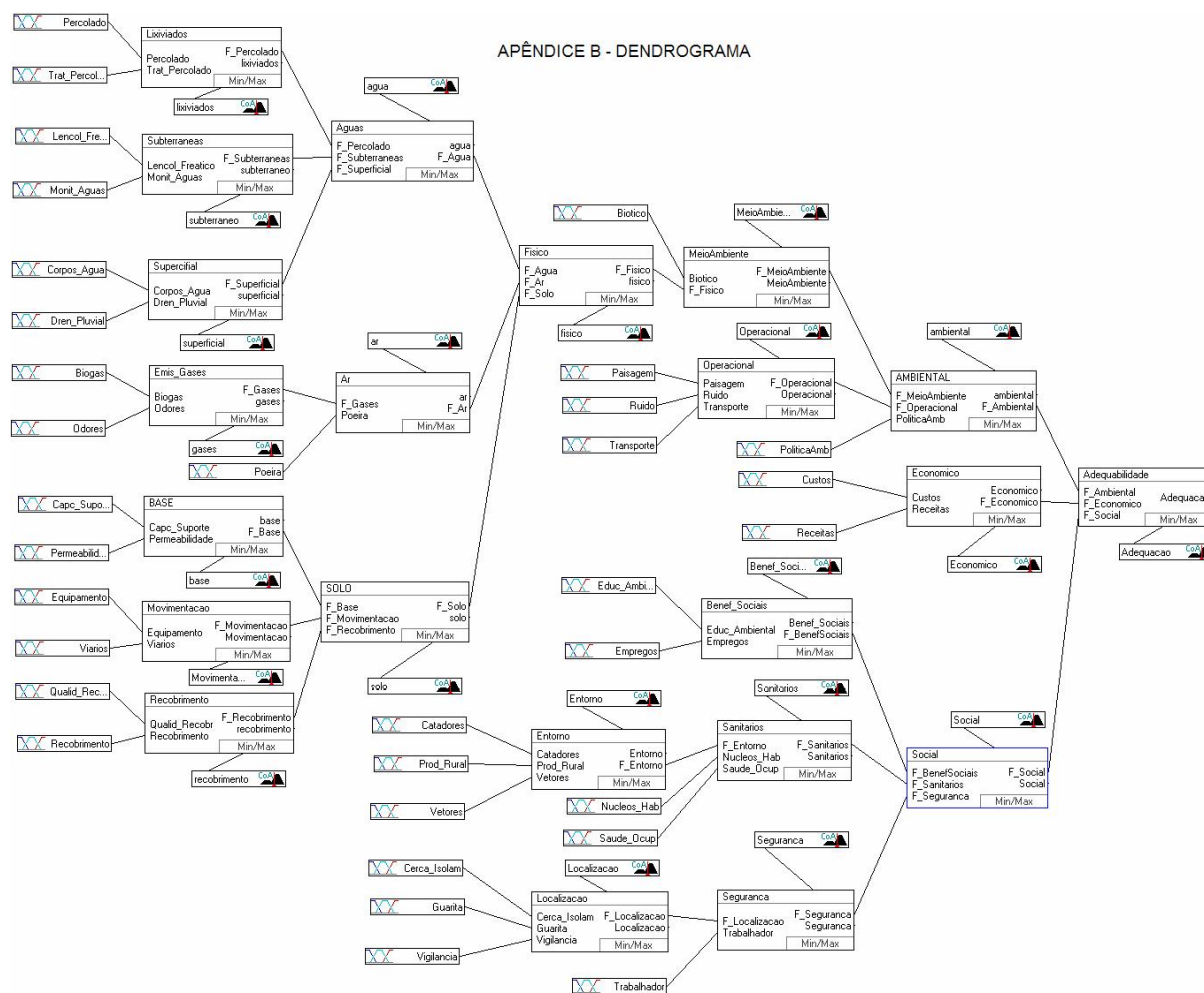
Qual o grau de conformidade com a legislação?		3
Qual o grau de acesso ao público?		2
Qual o grau de conhecimento dos funcionários sobre a política?		3
Qual o grau de cumprimento das licenças exigidas na legislação?		5
Qual o grau de disponibilidade de relatórios sobre informações ambientais atualizadas?		3
Qual o grau de atualização do cadastro junto ao órgão ambiental?		2
Qual o grau de autorização de licença ambiental para operar?		2
Qual o grau de validade da licença?		2
Qual o grau no cumprimento das exigências de licenciamento?		2
Qual o grau do aspecto geral do aterro?		3
TRANSPORTE		
Qual o grau de sinalização das rodovias que dão acesso ao aterro?		3
Qual a incidência de contentores de velocidade?		2
Qual o grau de incidência de poeiras?		2
Qual o grau de incidência de ruídos?		1

PERSPECTIVA SOCIAL		
	(0-100%)	peso
EDUCAÇÃO SOCIAL		
Qual o percentual de programas de visitação ao aterro?		1
Qual o grau de adequação de local para ministrar cursos e palestras?		1
Qual o grau de adequação de recursos audiovisuais?		1
Qual o grau de adequação de pessoal treinado para ministrar palestras?		1
Qual o grau de adequação de roteiros para visitação?		1
Qual o percentual de consciência da sociedade sobre a importância do correto tratamento dos resíduos?		4
Qual o percentual de coleta seletiva?		5
EMPREGO		
Qual o percentual de aproveitamento dos moradores da região?		2
Qual o percentual de incentivo para empregos em cooperativas de reciclagem?		2
Qual o percentual de trabalhadores registrados?		5
Qual o percentual de trabalhadores menores?		5
Qual o grau de treinamento dos trabalhadores?		3
Qual o grau de motivação?		3
VETORES		
Qual o percentual de animais domésticos no aterro?		1
Qual o percentual no controle de medidas que impedem a entrada de vetores no aterro?		1
CATADORES		
Existe a presença de catadores no aterro? Sim (100%) Não (0%)		1
Existe a presença de menores catadores? Sim (100%) Não (0%)		1
PRODUÇÃO RURAL		
Qual o percentual de lavouras próximas ao aterro?		1
Qual o percentual de contaminação dos produtos agrícolas?		1
NÚCLEOS HABITACIONAIS		
Recomenda-se que os núcleos habitacionais estejam a mais de 500 m, qual o grau de adequação?		5
Qual o grau de adequação quanto à rede de telefone, de água e de luz?		1
SAÚDE OCUPACIONAL		
Qual o grau do controle de exames periódicos dos funcionários?		5
Qual o grau de adequação de palestras esclarecedoras sobre a saúde?		1
CERCA ISOLAMENTO		
Qual o percentual de cerca em torno do aterro?		2
Qual o percentual de cinturão verde?		2

Qual o percentual de plantio de arbustos de pequeno e médio porte em torno do aterro?		1
GUARITA		
Qual o grau de registros da entrada de caminhões e pessoas?		4
Qual o percentual de pesagem dos resíduos?		4
Qual o percentual de inspeção de resíduos de terceiros?		2
Qual o grau de limpeza das rodas na saída dos veículos através de lavação e desinfecção?		4
VIGILÂNCIA		
Qual o grau de vigilância permanente no aterro?		4
Qual o grau de inspeções periódicas na cerca em toda a extensão do aterro?		2
Qual o grau de iluminação?		1
TRABALHADORES		
Qual o grau de disponibilidade de EPIs para os trabalhadores?		4
Qual o grau de adequação de palestras esclarecedoras sobre a importância da segurança?		2
Qual o grau de adequação quanto a CIPA?		2
Qual o percentual referente ao respeito aos horários de trabalho?		3
Qual o percentual referente ao respeito às condições climáticas?		2
Qual o grau de adequação em relação à demarcação de pontos críticos de riscos?		2
Qual o grau de medidas que estão sendo tomadas para eliminar ou minimizar os riscos?		2

PERSPECTIVA ECONÔMICA		
	(0 -100%)	peso
CUSTOS		
Qual o percentual de cobrança pelo serviço de limpeza urbana?		5
Qual o percentual no levantamento de todos os custos referentes ao serviço de coleta e destino final dos resíduos?		5
Qual o percentual de abrangência do método adotado?		4
Qual o percentual de acompanhamento da evolução dos custos?		3
RECEITAS		
Qual o percentual de cobertura da cobrança de impostos/taxas em relação aos custos do sistema?		5
Qual o percentual de coerência dos valores cobrados?		5
Qual o percentual de satisfação dos munícipes pelos valores cobrados?		3
Qual o percentual de abrangência das campanhas esclarecedoras?		2
Qual o percentual de fontes de financiamento?		1

APÊNDICE B - DENDROGRAMA



APENDICE C – SIMULAÇÃO DE SITUAÇÃO

1) Situação 0%

Perspectiva Ambiental

Biogás	0	Água	12,894		
Biótico	0	Ambiental	12,894	0	Valor corrigido
Capc_Suporte	0	Ar	12,894		
Corpos_Água	0	Base	12,894		
Dren_Pluvial	0	Físico	12,894		
Equipamento	0	Gases	12,894		
Lençol_Freático	0	Lixiviados	12,894		
Monit_Águas	0	Meio Ambiente	12,894		
Odores	0	Movimentação	12,894		
Paisagem	0	Operacional	12,894		
Percolado	0	Recobrimento	12,894		
Permeabilidade	0	Solo	12,894		
Poeira	0	Subterrâneo	12,894		
PolíticaAmb	0	Superficial	12,894		
Qualid_Recobr	0				
Recobrimento	0				
Ruído	0				
Transporte	0				
Trat_Percolado	0				
Viários	0				

Perspectiva Social

Catadores	0	Benef_Sociais	12,894		
Cerca_Isolam	0	Entorno	12,894		
Educ_Ambiental	0	Localização	12,894		
Empregos	0	Sanitários	12,894		
Guarita	0	Segurança	12,894		
Núcleos_Hab	0	Social	12,894	0	Valor corrigido
Prod_Rural	0				
Saúde_Ocup	0				
Trabalhador	0				
Vetores	0				
Vigilância	0				

Perspectiva Econômica

Custos	0	Econômico	12,894	0	Valor corrigido
Receitas	0				

Final

Ambiente	0				
Social	0	Adequação	12,894	0	Valor corrigido
Econômico	0				

2) Situação 25%

Perspectiva Ambiental

Biogás	25	Água	37,63		
Biótico	25	Ambiental	37,63	25,0000	Valor corrigido
Capc_Suporte	25	Ar	37,63		
Corpos_Água	25	Base	37,63		
Dren_Pluvial	25	Físico	37,63		
Equipamento	25	Gases	37,63		
Lençol_Freático	25	Lixiviados	37,63		
Monit_Águas	25	Meio Ambiente	37,63		
Odores	25	Movimentação	37,63		
Paisagem	25	Operacional	37,63		
Percolado	25	Recobrimento	37,63		
Permeabilidade	25	Solo	37,63		
Poeira	25	Subterrâneo	37,63		
PolíticaAmb	25	Superficial	37,63		
Qualid_Recobr	25				
Recobrimento	25				
Ruído	25				
Transporte	25				
Trat_Percolado	25				
Viários	25				

Perspectiva Social

Catadores	25	Benef_Sociais	37,63		
Cerca_Isolam	25	Entorno	37,63		
Educ_Ambiental	25	Localização	37,63		
Empregos	25	Sanitários	37,63		
Guarita	25	Segurança	37,63		
Núcleos_Hab	25	Social	37,63	25,0000	Valor corrigido
Prod_Rural	25				
Saúde_Ocup	25				
Trabalhador	25				
Vetores	25				
Vigilância	25				

Perspectiva Econômica

Custos	25	Econômico	37,63	25,0000	Valor corrigido
Receitas	25				

Final

Ambiente	25,0000				
Social	25,0000	Adequação	37,63	25,0000	Valor corrigido
Econômico	25,0000				

3) Situação 50%

Perspectiva Ambiental

Biogás	50	Água	50		
Biótico	50	Ambiental	50		
Capc_Suporte	50	Ar	50		
Corpos_Água	50	Base	50		
Dren_Pluvial	50	Físico	50		
Equipamento	50	Gases	50		
Lençol_Freático	50	Lixiviados	50		
Monit_Águas	50	Meio Ambiente	50		
Odores	50	Movimentação	50		
Paisagem	50	Operacional	50		
Percolado	50	Recobrimento	50		
Permeabilidade	50	Solo	50		
Poeira	50	Subterrâneo	50		
PolíticaAmb	50	Superficial	50		
Qualid_Recobr	50				
Recobrimento	50				
Ruído	50				
Transporte	50				
Trat_Percolado	50				
Viários	50				

Perspectiva Social

Catadores	50	Benef_Sociais	50		
Cerca_Isolam	50	Entorno	50		
Educ_Ambiental	50	Localização	50		
Empregos	50	Sanitários	50		
Guarita	50	Segurança	50		
Núcleos_Hab	50	Social	50		
Prod_Rural	50				
Saúde_Ocup	50				
Trabalhador	50				
Vetores	50				
Vigilância	50				

Perspectiva Econômica

Custos	50	Econômico	50		
Receitas	50				

Final

Ambiente	50				
Social	50	Adequação	50		
Econômico	50				

4) Situação 75%

Perspectiva Ambiental

Biogás	75	Água	62,364		
Biótico	75	Ambiental	62,364	75	Valor corrigido
Capc_Suporte	75	Ar	62,364		
Corpos_Água	75	Base	62,364		
Dren_Pluvial	75	Físico	62,364		
Equipamento	75	Gases	62,364		
Lençol_Freático	75	Lixiviados	62,364		
Monit_Águas	75	Meio Ambiente	62,364		
Odores	75	Movimentação	62,364		
Paisagem	75	Operacional	62,364		
Percolado	75	Recobrimento	62,364		
Permeabilidade	75	Solo	62,364		
Poeira	75	Subterrâneo	62,364		
PolíticaAmb	75	Superficial	62,364		
Qualid_Recobr	75				
Recobrimento	75				
Ruído	75				
Transporte	75				
Trat_Percolado	75				
Viários	75				

Perspectiva Social

Catadores	75	Benef_Sociais	62,364		
Cerca_Isolam	75	Entorno	62,364		
Educ_Ambiental	75	Localização	62,364		
Empregos	75	Sanitários	62,364		
Guarita	75	Segurança	62,364		
Núcleos_Hab	75	Social	62,364	75	Valor corrigido
Prod_Rural	75				
Saúde_Ocup	75				
Trabalhador	75				
Vetores	75				
Vigilância	75				

Perspectiva Econômica

Custos	75	Econômico	62,364	75	Valor corrigido
Receitas	75				

Final

Ambiente	75				
Social	75	Adequação	62,364	75	Valor corrigido
Econômico	75				

5) Situação 100%

Perspectiva Ambiental

Biogás	100	Água	87,098		
Biótico	100	Ambiental	87,098	100	Valor corrigido
Capc_Suporte	100	Ar	87,098		
Corpos_Agua	100	Base	87,098		
Dren_Pluvial	100	Físico	87,098		
Equipamento	100	Gases	87,098		
Lençol_Freático	100	Lixiviados	87,098		
Monit_Águas	100	Meio Ambiente	87,098		
Odores	100	Movimentação	87,098		
Paisagem	100	Operacional	87,098		
Percolado	100	Recobrimento	87,098		
Permeabilidade	100	Solo	87,098		
Poeira	100	Subterrâneo	87,098		
PolíticaAmb	100	Superficial	87,098		
Qualid_Recobr	100				
Recobrimento	100				
Ruído	100				
Transporte	100				
Trat_Percolado	100				
Viários	100				

Perspectiva Social

Catadores	100	Benef_Sociais	87,098		
Cerca_Isolam	100	Entorno	87,098		
Educ_Ambiental	100	Localização	87,098		
Empregos	100	Sanitários	87,098		
Guarita	100	Segurança	87,098		
Núcleos_Hab	100	Social	87,098	100	Valor corrigido
Prod_Rural	100				
Saúde_Ocup	100				
Trabalhador	100				
Vetores	100				
Vigilância	100				

Perspectiva Econômica

Custos	100	Econômico	87,098	100	Valor corrigido
Receitas	100				

Final

Ambiente	100				
Social	100	Adequação	87,098	100	Valor corrigido
Econômico	100				

APENDICE D – DESCRIÇÃO DO PROJETO

.1 Descrição do Projeto




Elementos do dendrograma sobre adequabilidade do aterro	Quantidade
Variáveis de entrada	33
Variáveis de saída	22
Variáveis intermediárias	21
Blocos de regras	22
Regras	693
Funções de pertinência	228



















.2 Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Variável
Adequação	Variável de saída que indica a adequação do aterro
Água	Água
Ambiental	Ambiental
Ar	Ar
Base	Base
Benef_Sociais	Benef_Sociais
Biogás	Biogás
Biótico	Biótico
Capc_Suporte	Capacidade de Suporte
Catadores	Catadores
Cerca_Isolam	Cerca Isolamento
Corpos_Agua	Proximidade de Corpos d'água
Custos	Custos
Dren_Pluvial	Drenagens Pluviais
Ecônômico	Ecônômico
Educ_Ambiental	Educação Ambiental
Entorno	Entorno
Físico	Físico
Emprego	Emprego
Equipamento	Equipamento
Gases	Gases
Guarita	Guarita
Lencol_Freático	Lençol freático
Lixiviados	Lixiviados
Localização	Localização
MeioAmbiente	Meio Ambiente
Monit_Águas	Monitoramento de Águas Subterâneas
Movimentação	Movimentação
Nucleos_Hab	Núcleos Habitacionais
Operacional	Operacional
Odores	Odores
Paisagem	Paisagem
Percolado	Percolado (Chorume)
Permeabilidade	Permeabilidade
Poeira	Poeira
PoliticaAmb	Política Ambiental
Prod_Rural	Produção Rural
Qualid_Recobr	Qualidade do Recobrimento do aterro







Abreviatura	Variável
Receitas	Receitas
Recobrimento	Recobrimento do Lixo
Ruído	Ruído
Sanitários	Sanitários
Saúde_Ocup	Saúde Ocupacional
Segurança	Segurança
Social	Social
Solo	Solo
Subterrâneo	Subterrâneo
Superficial	Superficial
Trabalhador	Trabalhador
Transporte	Transporte
Trat_Percolado	Tratamento do Percolado
Vetores	Vetores
Viários	Viário
Vigilância	Vigilância
Ambiental	Ambiental
Ar	Ar
Físico	Físico
MeioAmbiente	Meio Ambiente
Operacional	Operacional

















.3 Variaveis de entrada

Nº	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Max	Inic.	Termos
1	Biogas		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
2	Biotico		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
3	Capc_Suporte		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
4	Catadores		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
5	Cerca_Isolam		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
6	Corpos_Agua		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
7	Custos		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
8	Dren_Pluvial		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
9	Educ_Ambiental		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
10	Empregos		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
11	Equipamento		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
12	Guarita		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
13	Lencol_Freatico		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
14	Monit_Aguas		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
15	Nucleos_Hab		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado

Nº	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Max	Inic.	Termos
16	Odores		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
17	Paisagem		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
18	Percolado		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
19	Permeabilidade		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
20	Poeira		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
21	PoliticaAmb		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
22	Prod_Rural		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
23	Qualid_Recobr		Grau	0	100	0	Inadequada, critico, adequado
24	Receitas		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
25	Recobrimento		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
26	Ruido		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
27	Saude_Ocup		Grau	0	100	0	Inadequada, critico, adequado
28	Trabalhador		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
29	Transporte		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
30	Trat_Percolado		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
31	Vetores		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
32	Viarios		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
33	Vigilancia		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado

Variáveis de saída

Nº	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Max	Inic.	Termos
1	Adequacao		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
2	agua		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
3	ambiental		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
4	ar		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
5	base		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
6	Benef_Sociais		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado

Nº	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Max	Inic.	Termos
7	Economico		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
8	Entorno		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
9	fisico		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
10	gases		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
11	lixiviados		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
12	Localizacao		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
13	MeioAmbiente		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
14	Movimentacao		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
15	Operacional		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
16	recobrimento		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
17	Sanitarios		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
18	Seguranca		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
19	Social		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
20	solo		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
21	subterraneo		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado
22	superficial		Grau	0	100	0	Inadequado, critico, adequado

Variáveis intermediárias

Nº	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Max	Inic.	Termos
1	F_Agua		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
2	F_Ambiental		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
3	F_Ar		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
4	F_Base		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
5	F_BenefSociais		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
6	F_Economico		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
7	F_Entorno		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
8	F_Fisico		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
9	F_Gases		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
10	F_Localizacao		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado

N°	Nome Variável	Tipo	Unidade	Min	Max	Inic.	Termos
11	F_MeioAmbiente		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
12	F_Movimentacao		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
13	F_Operacional		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
14	F_Percolado		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
15	F_Recobrimento		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
16	F_Sanitarios		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
17	F_Seguranca		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
18	F_Social		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
19	F_Solo		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
20	F_Subterraneas		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado
21	F_Superficial		-	-	-	-	Inadequado, crítico, adequado

ANEXO A – FORMAS DE TRATAMENTO DO LIXO

1. Coleta Seletiva do Lixo

A idéia de coletar seletivamente ocorre há décadas, quando indivíduos em pequenos veículos inclusive tracionados por animais, recolham lixo das residências como latas, vidros, papéis, vendendo-os para as empresas que usavam como matéria-prima. Atualmente, nas propagandas de coleta seletiva existem interesses públicos e privados paralelamente a uma nova consciência das questões ambientais.

A ABNT define a coleta seletiva como sendo “[...] a coleta que remove os resíduos previamente separados pelo gerador, tais como papéis, latas, vidros e outros” (Norma NBR 12.980).

Segundo Calderoni (1998) a coleta seletiva facilmente é confundida com o processo de reciclagem, no entanto, a coleta seletiva é parte integrante do processo de reciclagem. Sendo que a abrangência do sistema de coleta depende da capacidade das indústrias reciclarem os materiais por ela selecionados. A reciclagem é praticada há muito tempo no Brasil, e ela não se desenvolveu com base em programas de coleta seletiva implantados pelas prefeituras, mas com base em um sistema estabelecido pelo setor privado envolvendo catadores, carrinheiros, sucateiros e indústrias.

Calderoni (1998) afirma que “algumas cidades brasileiras (como é o caso de São Paulo) encontram-se à beira de um colapso com relação aos resíduos sólidos urbanos que produzem diariamente”. Para esses casos, os programas de coleta seletiva e reciclagem são a principal alternativa em curto prazo, já que os esforços em prol da minimização dos resíduos somente fornecem resultado em prazo mais dilatado do que o compatível com o quadro de emergência instalado.

Na coleta seletiva o morador, ao produzir os resíduos não os mistura, ou seja, acondiciona em recipientes distintos os resíduos a serem reciclados (secos), e os resíduos orgânicos e rejeitos.

Há duas formas básicas de se realizar a separação anterior à coleta. A mais clássica é a separação entre lixo seco (plástico, vidro, metal e papel) e o lixo úmido (resíduos orgânicos e rejeitos) e a outra é a coleta multiseletiva, na qual são coletados separadamente os diversos tipos de materiais.

Existem diversas formas de operar um sistema de coleta seletiva de lixo sólido domiciliar urbano. Cada município deve avaliar e adotar aquele que melhor lhe convier. Em alguns casos, a combinação de diferentes metodologias irá gerar os melhores resultados.

As quatro principais modalidades de coleta seletiva são: porta a porta (ou domiciliar), em postos de entrega voluntária, em postos de troca e por catadores (CEMPRE 2000).

A coleta seletiva deve estar baseada no tripé:

- tecnologia – para efetuar a coleta, separação e reciclagem;
- mercado – para absorção do material recuperado;
- conscientização – para motivar o público alvo.

O sucesso da coleta seletiva está diretamente associado aos investimentos feitos para sensibilização e conscientização da população. Normalmente, quanto maior a participação voluntária em programas de coleta seletiva, menor é seu custo de administração (CEMPRE 2000).

2. Reciclagem

Segundo Calderoni (1998) a reciclagem é entendida como sendo “o processo sistemático de transformação do lixo sólido tipicamente domiciliar em novos produtos”. Reutilização é dar uma nova função ao produto ou utilizá-lo novamente para o mesmo fim.

A solução para o lixo doméstico urbano está no princípio dos três erres: **reduzir** a produção de lixo, priorizando as embalagens que possam ser recicláveis; **reutilizar** materiais, dando preferência a embalagens retornáveis; e **reciclar** usando como matéria-prima para o processo de produção elementos constituídos de vidro, metal, papel e plástico (ANDRADE, 2002).

As vantagens da reciclagem segundo Barros (1995), são:

- reutilização dos materiais que geralmente são descartados, o que evita gastos com a industrialização de novos produtos;
- redução de verbas destinadas à coleta, quando a população passa a participar do processo de recolhimento dos produtos;
- otimização da economia local na geração de empregos, em função dos serviços de coleta, armazenagem e transporte;

- otimização da economia nacional com menor exploração de recursos naturais e menos importação de matérias-primas;
- contribuição com a limpeza das cidades pela retirada dos produtos descartáveis da paisagem urbana.

Infelizmente, para muitos, reciclar é retirar do lixo o que se pode reutilizar ou comercializar. São os chamados “catadores de lixo”.

Segundo Campos (1999, p.19) milhares de pessoas em todo Brasil sobrevivem da catação de lixo, sendo que, mais de 50 mil são crianças e adolescentes; 30% deles nunca foram à escola. Estes números estão relacionados à catação nos lixões. Deve-se considerar que um grande número de pessoas também vive da catação de materiais recicláveis nas ruas dos centros urbanos. Mas o problema maior encontra-se mesmo é nos lixões, onde as condições sanitárias e ambientais são de extrema periculosidade, já que inexistem quaisquer condições de dignidade humana.

No mundo inteiro, o setor de reciclagem alcança forte solidez, sinalizando inúmeras oportunidades de novos negócios que conciliam, numa rara simetria, viabilidade técnica, econômica e ganhos sócio-ambientais.

No Brasil, o desempenho da reciclagem apresenta indicadores bastante positivos. Entre os principais produtos reciclados, podemos citar os metais, o papéis, os plásticos e os vidros.

3. Compostagem

Compostagem é um método de tratamento de resíduos orgânicos em condições adequadas de temperatura, umidade e aeração, onde são transformados em composto orgânico, com finalidade de condicionamento para o solo (BAASCH, 1999). Este composto orgânico pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

No meio rural, a compostagem é praticada há muito tempo, se utilizando de restos vegetais e esterco animal. Pode-se também, utilizar a fração orgânica do lixo domiciliar, mas de forma controlada, em instalações industriais chamadas usinas de triagem e compostagem. No contexto brasileiro a compostagem tem grande importância, uma vez que cerca de 50% do lixo municipal é constituído por matéria orgânica (CEMPRE 2000).

Neto (2001) afirma que o lixo urbano apresenta média de 65 % de resíduos orgânicos (massa heterogênea formada com sobras de alimentos, folhas, gramas, frutas, legumes, etc.).

A Compostagem tem como vantagens a transformação dos resíduos orgânicos em adubo e reduzindo o volume do material destinado aos aterros. Para Baasch (1999) são benefícios: a redução da quantidade de resíduos e o retorno à natureza de parte do que dela foi retirado.

Segundo Cempre (2000), o processo de compostagem pode ocorrer através de dois métodos:

- método natural: a fração orgânica do lixo é levada para um pátio e disposta em pilhas de formato variável. A aeração necessária para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica é conseguida por revolvimentos periódicos com auxílio de equipamento apropriado. O tempo para que o processo se complete varia de três a quatro meses.
- método acelerado: a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as pilhas de lixo, ou em reatores, dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar. Posteriormente, são dispostos em pilhas como no método natural. O tempo de permanência no reator é de cerca de quatro dias e o tempo total da compostagem acelerada varia de dois a três meses.

As instalações de uma usina de triagem e compostagem natural podem ser agrupadas em seis setores: recepção e expedição, triagem, pátio de compostagem, beneficiamento e armazenagem de composto, aterro de rejeitos, sistema de tratamento de efluentes (CEMPRE 2000).

O lixo municipal inclui resíduos domiciliares, comerciais, de varrição, podas de jardins, etc. A usina de compostagem só deve processar o lixo domiciliar e comercial. O lixo domiciliar tem composição variável conforme a estação do ano e as características diversas de cada localidade em função dos aspectos socioeconômicos e culturais da população. Genericamente, tem cerca de 50% de seu peso constituído de matéria orgânica, contendo sobras de cozinha e restos de outras matérias passíveis de se decomporem biologicamente.

O restante constitui-se de materiais que podem ser reaproveitados – os recicláveis – como vidros, plásticos, metais, etc., que devem ter finalidade específica, conforme o tipo de resíduo (CEMPRE, 2000).

Castilho Jr. (2003) refere-se ao tratamento da fração orgânica por processos biológicos subdividindo em Compostagem – conversão aeróbia da matéria orgânica e Digestão Anaeróbia – estabilização da matéria orgânica e produção de biogás.

4. Incineração

A incineração é um processo de destinação final do lixo utilizado desde o século XVIII. Na época a técnica era empilhar o lixo e acender fogo. Depois da queima, a cinza resultante era espalhada pelo solo ou agregada a algum componente para utilização na agricultura.

Este processo tinha o inconveniente da produção da fumaça que provocava mal estar na vizinhança. Com o crescimento das cidades o processo de incineração foi sendo substituído.

Incineração é uma técnica destinada à redução do volume do lixo usando equipamentos denominados incineradores. No processo o peso é reduzido em até 70% e o volume em até 90%, através da combustão controlada na faixa de 800 a 1000°C, em fornos especiais que garantem oxigênio para combustão, turbulência e permanência de temperaturas apropriadas (BARROS, 1995).

A composição dos resíduos sólidos municipais apresenta uma grande variação de acordo com o nível de desenvolvimento do país, observando-se conteúdo energético maior e umidade menor nos resíduos de países desenvolvidos. A influência do nível socioeconômico na composição dos resíduos também é observada numa mesma localidade, como constatado na pesquisa realizada na cidade de São Paulo (ORTH & MOTTA, 1998).

Observou-se que os resíduos domésticos de bairros com poder aquisitivo menor apresentam teores de material orgânico maiores, constituídos principalmente por restos de alimentos de baixo conteúdo energético. Os bairros com poder aquisitivo mais elevado apresentam porcentagens maiores de papéis e plásticos de elevado conteúdo energético.

Estudos recentemente divulgados em vários países europeus revelam o alto grau de desinformação reinante quando o assunto é incineração de resíduos sólidos.

Muitos, freqüentemente, adjetivam essa técnica como nociva à saúde humana e prejudicial ao meio ambiente porque tomam por referência resultados obtidos em equipamentos já obsoletos.

O atual nível de desenvolvimento tecnológico – leia-se eficientes sistemas de controle de emissão de gases - somado à vigência de legislações com rígidos parâmetros, inclusive no Brasil, permitem hoje noticiar que a incineração é vista por estudiosos do tema como um processo ambientalmente seguro e economicamente viável (CEMPRE 2000).

Um relatório divulgado em junho de 2002 pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) inglesa concluiu que a incineração de resíduos sólidos municipais (RSM) oferece baixíssimos riscos à saúde da população que vive nos arredores das instalações, bem como ao meio ambiente, especialmente no que se refere à produção de dióxidos e furanos presentes no ar em

quantidades irrisórias como resultado dos sistemas eficientes de limpeza de gases presentes nos incineradores (CEMPRE).

ANEXO B – PRINCÍPIOS DA POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

- a) A defesa do meio ambiente como princípio de ordem econômica (art. 170 cf, Princípio da declaração de Estocolmo de 72, Princípio 3 e 4 da Declaração do Rio 92):

Este princípio reflete a essência da visão política dominante em relação à problemática ambiental consolidada na expressão “desenvolvimento sustentável”, procurando conciliar a atividade produtiva, o direito de propriedade, a exploração dos recursos e o desenvolvimento econômico. A proteção ao meio ambiente definido como desejável configura o limite claro ao poder econômico o qual se torna abusivo na medida que se contrapõe a ela.

- b) Princípio da participação popular na preservação do meio ambiente (art. 225, caput, CF, Princípio 10 da Declaração do Rio 92):

Existem 3 meios de participação popular direta:

- Participação no processo de criação do direito do meio ambiente, com a iniciativa popular nos procedimentos legislativos federais, estaduais e municipais.
- Atuação de representantes da coletividade nos órgãos colegiados dotados de poderes normativos, como o CONAMA, CONSEMA e os diversos conselhos municipais de defesa ao meio ambiente, formulando políticas ambientais.
- Por intermédio do poder judiciário.

Destacando ainda dois pressupostos fundamentais da participação popular na proteção do meio ambiente: a informação e a educação. Conforme o art. 5 da CF 88 - XIV e XXIII - assegura a todos o direito de informação e impõe aos órgãos públicos, o dever de informar a coletividade.

Quanto à educação e a conscientização da coletividade o direito positivo reconhece sua importância, quando no art. 225, § 1, VI, impõe ao poder público o dever de promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino.

c) Princípio da avaliação prévia dos impactos ambientais (art. 225, § 11, IV da CF, Princípio 17 da Declaração do Rio):

Um dos mais importantes é feito por meio do estudo de impacto ambiental (EIA) e seu respectivo relatório (RIMA). Trata-se de mecanismo de planejamento, que insere a obrigação de levar em conta o meio ambiente antes da realização de atividades e da tomada de decisões que possam ter repercussão na qualidade ambiental.

d) Princípio da prevenção de danos e degradações ambientais (art. 225, caput, CF, Princípio 1 da Declaração de Estocolmo 72, Princípio 3 e 15 da Eco 92):

Os danos ambientais são em regra irreparáveis ou de difícil reparação. Mesmo que haja controvérsias no plano científico com relação aos efeitos nocivos de determinadas atividades sobre o meio ambiente, em atenção ao princípio da precaução, essas atividades deverão ser evitadas ou rigorosamente controladas. Este princípio corresponde também à responsabilidade da atual geração de transmitir um patrimônio ambiental às futuras gerações.

e) Princípio da responsabilização civil, penal e administrativa das condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (art. 225, § 3, CF, Princípio 13 da Declaração do Rio):

Tem-se observado um certo fracasso na prevenção dos danos ambientais, as medidas estritamente preventivas nem sempre têm sido eficazes para manterem o equilíbrio ecológico. Em função disto, torna-se necessário a possibilidade de responsabilizar os causadores de danos ambientais. Estes podem vir a ser responsabilizados tanto na esfera civil, penal e administrativa. Estes três sistemas de responsabilidade podem ser utilizados cumulativamente ou não, podendo um poluidor por um mesmo ato lesivo, ser responsabilizado nas três esferas.

f) Princípio da utilização racional dos recursos ambientais (Princípio 3 e 5 da Declaração de Estocolmo, e Princípio 8 da declaração do Rio):

Pretende-se com isso, o término da exploração predatória da natureza, com mudanças não só no consumo em si dos recursos naturais, como também na forma de utilizá-los, sem levar ao seu esgotamento irreversível.

g) Princípio da proteção dos ecossistemas, com preservação de áreas representativas e ameaçadas de degradação, bem como recuperação de áreas degradadas (Princípios 2 e 4 da Declaração de Estocolmo).

h) Princípio do respeito à identidade, cultura e interesses das comunidades tradicionais e grupos formadores da sociedade brasileira (art. 216 da CF, Princípio 22 da Declaração de Rio):

Tem sido ressaltado que se deve preservar não só os sistemas biológicos como também todos os grupos humanos, que foram e continuam sendo afetados pelo desenvolvimento da sociedade moderna, com a conseqüente perda de idiomas e manifestações culturais.

ANEXO C - OS 17 ELEMENTOS DA ISO 14001

1 - Política Ambiental
Declaração da organização, mostrando o comprometimento com o meio ambiente. Deve ser utilizada como base para o planejamento e ações do SGA.
Planejamento
2 – Aspectos e Impactos Ambientais
Identifica as atividades, produtos e serviços da organização que interagem com o meio ambiente e que estão sob seu controle; Determina qual destes aspectos tem ou podem ter impactos significantes ao meio ambiente.
3 – Requisitos Legais e outros requisitos
Identifica e assegura acesso às legislações e regulamentos ambientais relevantes e ou outros requisitos setoriais que tenha aplicação aos aspectos ambientais da organização.
4 – Objetivos e Metas
Estabelece objetivos para a organização, de acordo com a política ambiental, aspectos ambientais e visão das partes interessadas e outros fatores.
5 – Programa(s) de Gestão Ambiental
Planeja as ações necessárias para se alcançar os objetivos e metas do SGA
Implementação e Operação
6 – Estrutura e Responsabilidade
Define a participação, responsabilidades e autoridades necessárias para facilitar o gerenciamento ambiental eficaz.
7 – Treinamento, conscientização e competência
Assegura que todos os empregados, envolvidos com os impactos significativos, tenham treinamento apropriado e estejam capacitados para suportar o SGA
8 – Comunicação
Estabelece procedimentos para facilitar a comunicação interna e dar respostas às comunicações externas referentes ao SGA.
9 – Documentação do SGA
Estabelece procedimento para descrever a estrutura e relacionamento entre os documentos exigidos pelo SGA.
10 – Controle de documento
Estabelece procedimento para um efetivo gerenciamento e controle de todos documentos SGA
11 - Controle operacional
Identifica as operações e atividades associadas com os aspectos ambientais significativos e desenvolve procedimentos para assegurar a minimização dos impactos ao meio ambiente, considerando a política, objetivos e metas.
12 – Preparação e atendimento à emergência
Identifica as emergências potenciais e desenvolve procedimentos para preveni-las e para mitigar os impactos, caso venha a ocorrer.
Verificação e Ação Corretiva
13 – Monitoramento e medição
Estabelece procedimentos para monitorar e medir as atividades e operações que causam impacto ao meio ambiente.
14 – Não-conformidades e ações corretivas e preventivas
Estabelece procedimentos para prevenir e para eliminar a recorrência de não-conformidades.
15 – Registros
Estabelece procedimentos para a identificação, manutenção e descarte de registros ambientais.
16 – Auditorias do SGA
Estabelece procedimento para que a organização periodicamente verifique se o SGA está implementado de acordo com o planejado.
Análise Crítica
17 – Análise Crítica pela Administração
Periodicamente a alta administração deve revisar a implementação e efetividade do SGA, tendo como foco a busca da melhoria contínua.

Fonte: ABNT NBR ISO-14001

ANEXO D – PROCESSO DE NEWTON

O método de Newton para o polinômio que interpola $f(x)$ é dado por (RUGGIERO e LOPES,1998):

$$p_n(x) = D_0 + D_1.(x - x_0) + D_2.(x - x_0)(x - x_1) + D_3.(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) + \dots + D_n.(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2)\dots(x - x_{n-1}).$$

Chama-se o vetor $(D_0, D_1, D_2, \dots, D_n)$ de operador diferenças divididas (odd) pois os coeficientes D_i , $i = 0, 1, 2, \dots, n$, são obtidos por uma razão entre diferenças.

Estes operadores são assim definidos:

D_0 = que pode ser simbolizado por $f[x_0] = f(x_0)$ (odd de ordem zero).

D_1 = simbolizado por $f[x_0, x_1] = (f[x_1] - f[x_0])/(x_1 - x_0) = (f(x_1) - f(x_0))/(x_1 - x_0)$ (odd de ordem 1).

$D_2 = f[x_0, x_1, x_2] = (f[x_1, x_2] - f[x_0, x_1])/(x_2 - x_0) =$
 $= \{ [(f(x_2) - f(x_1))/(x_2 - x_1)] - [(f(x_1) - f(x_0))/(x_1 - x_0)] \} / (x_2 - x_0) =$
 $= [(f(x_2) - f(x_1)).(x_1 - x_0) - (f(x_1) - f(x_0)).(x_2 - x_1)] / (x_2 - x_1).(x_2 - x_0).(x_1 - x_0).$ (odd de ordem 2)

$D_3 = f[x_0, x_1, x_2, x_3] = (f[x_1, x_2, x_3] - f[x_0, x_1, x_2])/(x_3 - x_0)$ (odd de ordem 3).

.....

$D_n = f[x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n] = (f[x_1, x_2, x_3, \dots, x_n] - f[x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}])/(x_n - x_0)$ (odd de ordem n).

O desenvolvimento das expressões dos D_i torna-se cada vez mais complexo. Assim, é comum apresentar as diferenças divididas em um quadro (algoritmo), conforme a seguir:

x	Ordem0	ordem 1	ordem 2	ordem 3		ordem n
x ₀	f[x ₀] D0					
		f[x ₀ ,x ₁] D1				
x ₁	f[x ₁]		f[x ₀ ,x ₁ ,x ₂] D2			
		f[x ₁ ,x ₂]		f[x ₀ ,x ₁ ,x ₂ ,x ₃] D3	.	
x ₂	f[x ₂]		f[x ₁ ,x ₂ ,x ₃]		.	
		f[x ₂ ,x ₃]		f[x ₁ ,x ₂ ,x ₃ ,x ₄]	.	
x ₃	f[x ₃]		f[x ₂ ,x ₃ ,x ₄]	.	.	f[x ₀ ,x ₁ ,x ₂ ,...,x ₄] Dn
		f[x ₃ ,x ₄]	.	.	.	
x ₄	f[x ₄]	
.	.	.	.	f[x _{n-3} ,x _{n-2} ,x _{n-1} ,x _n]		
.	.	.	f[x _{n-2} ,x _{n-1} ,x _n]			
.	.	f[x _{n-1} ,x _n]				
x _n	f[x _n]					

Para o sistema de aterro sanitário, conforme os valores encontrados pelas interações das tabelas com do dendrograma, obtêm-se uma curva com ponto de inflexão em 50.

No caso de valores menores que 50, o polinômio interpolador para a tabela:

x	f(x)
12,894	0
37,63	25
45,88	33,34
50	50

x	ord. 0	ord. 1	ord. 2	ord. 3
12,894	0			
		1,010673		
37,63	25		7,17E-06	
		1,010909		0,006607
45,88	33,34		0,245172	
		4,043689		
50	50			

é:

$$p_4 = 1,010673(x - 12,894) + 7,17 \cdot 10^{-6}(x - 12,894)(x - 37,63) + 0,006607(x - 12,894)(x - 37,63)(x - 45,88)$$

Para Valores maiores que 50, o polinômio interpolador para a tabela:

x	f(x)
50	50
55,56	66,67
62,364	75
87,098	100

x	ord. 0	ord. 1	ord. 2	ord. 3
50	50			
		2,0998201		
55,56	66,67		-0,14347	
		1,22428		0,003685
62,364	75		-0,00677	
		1,010754		
87,098	100			

e a fórmula

$$p_4 = 50 + 2,998201(x - 50) - 0,14347(x - 50)(x - 55,56) + \\ 0,003685(x - 50)(x - 55,56)(x - 62,365)$$

ANEXO E - LISTA DE NORMAS DA SÉRIE ISO 14000

DESIGNAÇÃO	ANO PUBLICAÇÃO	TÍTULO
		SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL
ISO 14001:1996	1996	Sistema de Gestão Ambiental – Especificação com Diretrizes para Uso.
ISO 14004:1996	1996	Sistema de Gestão Ambiental – Diretrizes Gerais Sobre Princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio.
		AUDITORIA AMBIENTAL
ISO 14010:1996	1996	Diretrizes para Auditoria Ambiental – Princípios Gerais
ISO 14011:1996	1996	Diretrizes para Auditoria Ambiental – Procedimentos de Auditoria – Auditoria de Sistema de Gestão Ambiental.
ISO 14012:1996	1996	Diretrizes para Auditoria Ambiental – Critérios para Qualificação de Auditores Ambientais.
ISO/WD 14015	2001	Avaliação Ambiental de Sites e Entidades.
		ROTULAGEM AMBIENTAL
ISO 14020:1998	1998	Rótulos e Declarações Ambientais – Princípios Gerais.
ISO/DIS 14021	1999	Rótulos e Declarações Ambientais – Auto Declaração Ambiental.
ISO/FDIS 14024	1998	Rótulos e Declarações Ambientais – Declarações Ambientais Tipo I – Diretrizes de Princípios e Procedimentos.
ISO/WD/TR 14025	A Publicar	Rótulos e Declarações Ambientais – Declarações Ambientais Tipo III – Diretrizes de Princípios e Procedimentos.
		AValiação DO DESEMPENHO AMBIENTAL
ISO/FDIS 14031	1999	Gerenciamento Ambiental – Avaliação do Desempenho Ambiental – Diretrizes.
ISO/TR 14032	1999	Gerenciamento Ambiental- Avaliação do Desempenho Ambiental – Estudo de Caso Ilustrando o Uso da ISO 14031.
		AValiação DO CICLO DE VIDA
ISO 14040:1997	1997	Gerenciamento Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura.
ISO 14041:1998	1998	Gerenciamento Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Definição dos Objetivos, Escopo e Análise do Inventário.
ISO/CD 14042	1999	Gerenciamento Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida.
ISO/DIS 14043	1999	Gerenciamento Ambiental - Análise do Ciclo de Vida – Interpretação do Ciclo de Vida.
ISO/TR 14048	1999	Gerenciamento Ambiental - Análise do Ciclo de Vida – Forma da Documentação de Dados da Análise do Ciclo de Vida.
ISO/TR 14049	1999	Gerenciamento Ambiental - Análise do Ciclo de Vida – Exemplos para Aplicação da ISO 14041.
		TERMOS E DEFINIÇÕES
ISO 14050:1998	1998	Gerenciamento Ambiental – Vocabulário.
		ASPECTOS AMBIENTAIS EM NORMAS DE PRODUTOS
ISO/TR 14061	1998	Informações para Orientar Organizações Florestais no Uso das Normas de Sistema de Gerenciamento Ambiental ISO 14001 e ISO 14004.
ISO Guide 64:1997	1997	Diretrizes para Inclusão de Aspectos Ambientais em Normas de Produtos.

Legenda: CD = Committee Draft; DIS = Draft International Standard; FDIS = Final Draft International Standard; TR = Technical Report; NWIP = New Work Item Proposal

Fonte: ISO (2001).

ANEXO F - FUNÇÕES FUZZY MAIS COMUNS

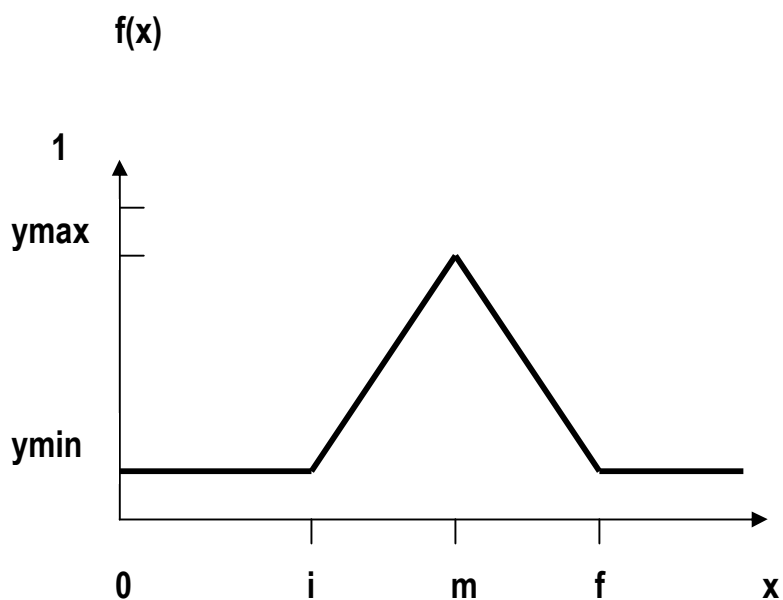
a) Triangular:

Este tipo de função serve para indicar apenas um único ponto de máximo no conjunto. A definição é do tipo:

$$f(x) = \begin{cases} y_{\min}, & x \leq i \text{ ou } x \geq f \\ y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \times (x - i) / (m - i), & i < x \leq m \\ y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \times (f - x) / (f - m), & m < x < f \end{cases}$$

onde y_{\min} é o menor valor possível para a função, y_{\max} o maior valor, i o início da ascendente da função, m o valor de máximo, e f o final da descendente.

Função triangular



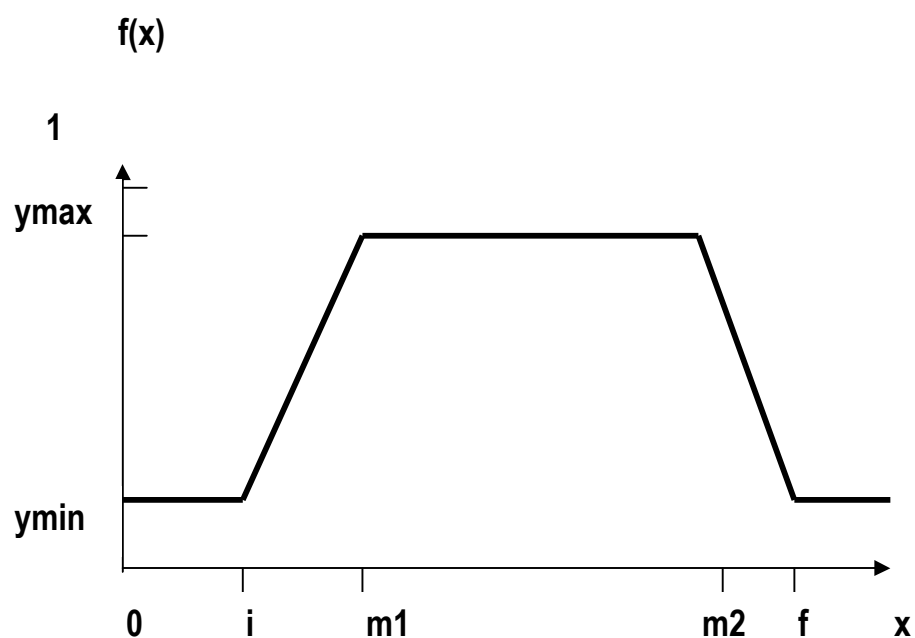
Fonte: Shaw e Simões (1999)

b) Trapezoidal

Nesta função é possível representar todo um intervalo de pontos de máximo, conforme a fórmula:

$$f(x) = \begin{cases} y_{\min}, & x \leq i \text{ ou } x \geq f \\ y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \times (x - i) / (m1 - i), & i < x < m1 \\ y_{\max}, & m1 \leq x \leq m2 \\ y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \times (f - x) / (f - m2), & m2 < x < f \end{cases}$$

Função trapezoidal



Fonte: Shaw e Simões (1999)

c) LR (Left-Right)

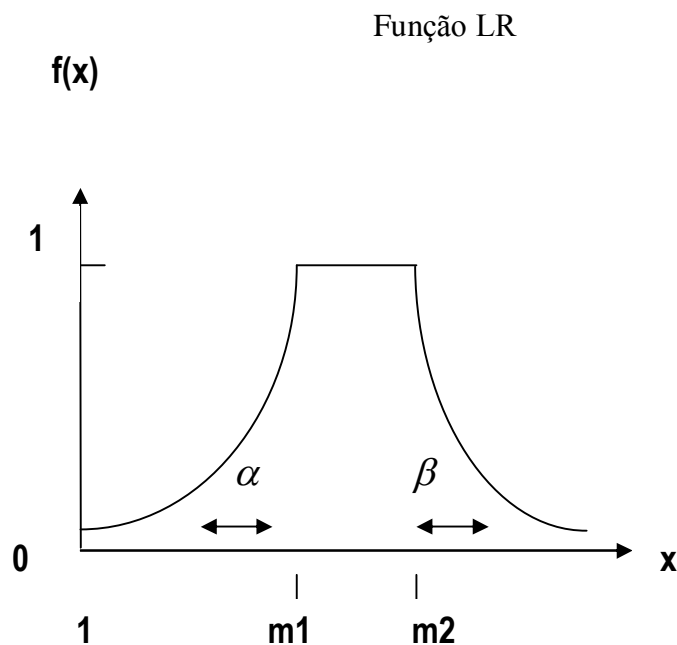
Este tipo de conjunto é mais genérico, pois permite a utilização de vários tipos de função para definir o intervalo de representação. As funções são chamadas de **L** (left, pois define a função à esquerda) e de **R** (right, define a da direita).

A formulação padrão é do tipo:

$$f(x) = \begin{cases} L((m1 - x)/\alpha), & x < m1 \\ 1, & m1 \leq x \leq m2 \\ R((m2 - x)/\beta), & x > m2 \end{cases}$$

Onde L e R podem ser funções do tipo e-x, $1/(1+x^2)$, ou outra qualquer que tenha $f(0) = f(1) = 0$ e mantenha-se no intervalo $[0; 1]$; $m1$ é onde inicia o intervalo de máximo, terminando em $m2$; alfa é o espalhamento lateral da esquerda e beta o da direita.

Para exemplificar, se colocássemos $L = R = 1/(1+x^2)$, espalhamento esquerdo 5 e direito 2, então teríamos um gráfico semelhante ao apresentado a seguir.



Fonte: Shaw e Simões (1999)

Propriedades dos Conjuntos *Fuzzy*

Propriedade comutativa	$A \cap B = B \cap A$ $A \cup B = B \cup A$
Propriedade associativa	$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$ $(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$
Idempotência:	$A \cap A = A$ $A \cup A = A$
Distributividade em relação à intersecção	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
Distributividade em relação à união	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
Conjunto fuzzy e o seu complemento (*)	$A \cap A' \neq \phi$ $A \cup A' \neq E$
Conjunto fuzzy e o conjunto nulo	$A \cap \phi = \phi$ $A \cup \phi = A$
Conjunto fuzzy e o conjunto universal	$A \cap E = A$ $A \cup E = E$
Involução	$(A')' = A$
Teorema de Morgan	$(A \cap B)' = A' \cup B'$ $(A \cup B)' = A' \cap B'$

* única propriedade que difere do conjunto booleano

Fonte: Adaptado de Shaw & Simões (1999)